

日本特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年12月 6日

出願番号

Application Number:

特願2002-354476

[ST.10/C]:

[JP2002-354476]

出願人

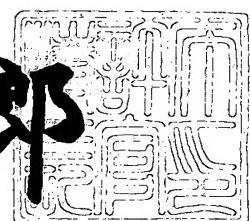
Applicant(s):

アルプス電気株式会社

2003年 3月24日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3019708

【書類名】 特許願

【整理番号】 02A235AL

【提出日】 平成14年12月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/31

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【請求項の数】 27

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

【氏名】 渡辺 利徳

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

【氏名】 佐藤 清

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

【氏名】 栗山 年弘

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

【識別番号】 100085453

【弁理士】

【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100121049

【弁理士】

【氏名又は名称】 三輪 正義

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-208600

【出願日】 平成14年 7月17日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041070

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0202405

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体との対向面からハイト方向に延びて形成された下部コア層と、前記下部コア層上であって前記対向面からハイト方向に所定長さで形成された隆起層と、前記隆起層のハイト方向後端面からハイト方向に所定距離離れて、前記下部コア層上に形成されたバックギャップ層と、少なくとも前記下部コア層、前記隆起層及びバックギャップ層で囲まれた空間内に形成されたコイル層と、前記コイル層上を覆うコイル絶縁層とを有し、

前記隆起層の上面、前記コイル絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面は連続した平坦化面であり、

G d 決め層は、前記対向面からハイト方向に所定距離離れた前記平坦化面上に形成され、

前記G d 決め層よりも前記対向面側及びハイト側のそれぞれの前記平坦化面上に下から下部磁極層、ギャップ層が形成され、さらに前記ギャップ層上から前記G d 決め層上にかけて上部磁極層が形成され、

前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層は同じ平面形状を有しており、前記対向面での前記上部磁極層のトラック幅方向における幅寸法でトラック幅Twが決定されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層は、ぞれぞれ又ツキ形成されたものである請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 前記上部磁極層上には上部コア層が形成され、前記上部コア層は前記上部磁極層と同じ平面形状で形成され、前記上部磁極層及び下部磁極層は前記上部コア層よりも高い飽和磁束密度を有している請求項1または2に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 前記上部コア層は前記上部磁極層よりも厚い膜厚で形成される請求項3記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 前記上部磁極層及び下部磁極層は前記下部コア層、隆起層及びバックギャップ層よりも高い飽和磁束密度を有している請求項1ないし4のい

ずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】 前記上部磁極層の平面形状は、前記対向面でトラック幅の幅寸法を持ち、ハイト方向に向けてこの幅寸法を保ちながら、あるいはハイト方向に向けてトラック幅よりも幅寸法が広がる先端部と、前記先端部のハイト側の両側基端からハイト方向に向けてトラック幅方向への幅がさらに広がる後端部とを有して構成される請求項1ないし5のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】 前記Gd決め層の記録媒体との対向面側に位置する前端面と下面との境界部は前記隆起層の上にあり、前記Gd決め層は前記隆起層上からコイル絶縁層上にかけて形成されており、

前記隆起層のハイト側に位置する後端面と上面との境界部から前記Gd決め層のハイト側に位置する後端面と下面との境界部までのハイト方向と平行な方向の長さ寸法が、前記Gd決め層の最大膜厚よりも大きい請求項1ないし6のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項8】 前記Gd決め層の前記後端面と下面との境界部は、前記バックギャップ層の記録媒体との対向面と上面との境界部上に、あるいは前記バックギャップ層上に位置し、前記コイル絶縁層の上面と前記下部磁極層の下面間に前記Gd決め層が介在する請求項7記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項9】 少なくとも前記Gd決め層の前記後端面と、バックギャップ層の記録媒体との対向面側に位置する前端面との間に位置する前記平坦化面上には、第1メッキ下地層が設けられ、前記第1メッキ下地層上に前記下部磁極層がメッキ形成される請求項1ないし7のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項10】 前記第1メッキ下地層は非磁性金属材料で形成される請求項9記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項11】 前記隆起層上には第2メッキ下地層が形成され、前記第1メッキ下地層と第2メッキ下地層とは分離形成され、少なくともGd決め層は前記第1メッキ下地層と第2メッキ下地層との間に位置し、前記第2メッキ下地層は磁性材料で形成され、前記第2メッキ下地層上に前記下部磁極層がメッキ形成される請求項9または10に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項12】 前記Gd決め層上には部分的に第3メッキ下地層が形成さ

れ、前記第3メッキ下地層上に上部磁極層がメッキ形成される請求項1ないし1のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項13】 前記コイル層は、前記下部コア層表面と平行な平面上であって、前記バックギャップ層を中心としてその周囲に巻回形成されている請求項1ないし12のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項14】 前記コイル層は、下部コア層、隆起層及びバックギャップ層に囲まれた空間内に互いに平行に形成された複数本の第1コイル片と、前記上部磁極層上に絶縁層を介して互いに平行に形成された複数本の第2コイル片とを有して構成され、前記第1コイル片と第2コイル片は互いに非平行をなし、

前記上部磁極層の膜厚方向で対向する第1コイル片の一端部と第2コイル片の一端部とが接続部を介して接続されてトロイダル状のコイル構造を構成する請求項1ないし12のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項15】 以下の工程を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

(a) 記録媒体との対向面からハイト方向に下部コア層を延ばして形成する工程と、

(b) 前記下部コア層上にコイル絶縁下地層を形成した後、所定領域の前記コイル絶縁下地層上にコイル層を形成する工程と、

(c) 前記(b)工程よりも前あるいは後に、前記下部コア層上であって前記対向面からハイト方向に前記コイル層の前記対向面側の前端面に接触しない位置で隆起層を形成し、前記隆起層のハイト方向後端面からハイト方向に離して、且つ前記コイル層と接触しない位置での前記下部コア層上にバックギャップ層を形成する工程と、

(d) 前記コイル層上をコイル絶縁層で埋め、前記隆起層の上面、前記絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面を連続した平坦化面に形成する工程と、

(e) 前記対向面からハイト方向に所定距離離れた前記平坦化面上にGd決め層を形成する工程と、

(f) 前記Gd決め層よりも前記対向面側及びハイト側のそれぞれの前記平坦化面上に下から下部磁極層、ギャップ層を形成し、さらに前記ギャップ層上から前

記G d 決め層上にかけて上部磁極層を形成する工程。

【請求項16】 前記(f)工程で、前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を、連続してメッキ形成する請求項15記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項17】 前記(f)工程後に、前記上部磁極層上に上部コア層を連続してメッキ形成し、前記(f)工程で、前記上部磁極層及び下部磁極層を前記上部コア層よりも高い飽和磁束密度を有する材質で形成する請求項15または16に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項18】 前記(f)工程で、前記上部磁極層及び下部磁極層を前記下部コア層、隆起層及びバックギャップ層よりも高い飽和磁束密度を有する材質で形成する請求項15ないし17のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項19】 前記(f)工程で、前記上部磁極層の平面形状を、前記対向面でトラック幅の幅寸法を持ち、ハイト方向に向けてこの幅寸法を保ちながら、あるいはハイト方向に向けてトラック幅よりも幅寸法が広がる先端部と、前記先端部のハイト側の両側基端からハイト方向に向けてトラック幅方向への幅がさらに広がる後端部とを有して形成し、下部磁極層、ギャップ層及び上部コア層の平面形状も、前記上部磁極層の平面形状と同じとする請求項15ないし18のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項20】 前記(e)工程で、前記G d 決め層の記録媒体との対向面側に位置する前端面と下面との境界部を前記隆起層の上に形成するとともに、前記隆起層のハイト側に位置する後端面と上面との境界部から前記G d 決め層のハイト側に位置する後端面と下面との境界部までのハイト方向と平行な方向の長さ寸法が、前記G d 決め層の最大膜厚よりも大きくなるように、前記G d 決め層を前記隆起層上からコイル絶縁層上にかけて形成する請求項15ないし19のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項21】 前記G d 決め層の前記後端面と下面との境界部が、前記バックギャップ層の記録媒体との対向面と上面との境界部上に、あるいは前記バックギャップ層上に位置し、前記コイル絶縁層の上面と前記下部磁極層の下面間に

前記G d 決め層が介在するように、前記G d 決め層を前記隆起層上からコイル絶縁層上、あるいは前記隆起層上からコイル絶縁層上およびバックギャップ層上にかけて形成する請求項20記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項22】 前記(d)工程と(e)工程との間に、少なくともG d 決め層のハイト側に位置する後端面とバックギャップ層の記録媒体との対向面側に位置する前端面との間に位置する前記平坦化面上に第1メッキ下地層を形成し、前記第1メッキ下地層上に前記下部磁極層をメッキ形成する請求項15ないし20のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項23】 前記第1メッキ下地層を非磁性金属材料で形成する請求項22記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項24】 前記隆起層上に第2メッキ下地層を形成し、このとき前記第1メッキ下地層と第2メッキ下地層とを分離して形成し、少なくとも前記G d 決め層を前記第1メッキ下地層と第2メッキ下地層との間の隙間に埋め、前記第2メッキ下地層を磁性材料で形成し、前記第2メッキ下地層上に前記下部磁極層をメッキ形成する請求項22または23に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項25】 前記G d 決め層上には部分的に第3メッキ下地層を設け、前記第3メッキ下地層上に上部磁極層をメッキ形成する請求項15ないし24のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項26】 前記コイル層を、前記下部コア層表面と平行な平面上であって、前記バックギャップ層を中心としてその周囲に巻回形成する請求項15ないし25のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項27】 前記コイル層を、下部コア層、隆起層及びバックギャップ層に囲まれた空間内に互いに平行に形成された複数本の第1コイル片と、前記上部磁極層上に絶縁層を介して互いに平行に形成された複数本の第2コイル片とを有して構成し、前記第1コイル片と第2コイル片は互いに非平行をなしており、

前記上部磁極層の膜厚方向で対向する第1コイル片の一端部と第2コイル片の一端部とを接続部を介して接続してトロイダル状のコイル構造を構成する請求項15ないし25のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば浮上式磁気ヘッドなどに使用される記録用の薄膜磁気ヘッドに係り、特にトラック幅を所定寸法に高精度に形成でき狭トラック化に適切に対応できるとともに、磁路長を短くでき、さらには磁束の漏れを抑制して、記録特性を向上させることができる薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

図25は従来の薄膜磁気ヘッドの縦断面図であり、図示左側のX-Z面と平行な最左面が「記録媒体との対向面」を示している。ここでX方向はトラック幅方向、Y方向はハイト方向、Z方向は、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向である。

## 【0003】

符号1は、NiFe合金などで形成された下部コア層であり、前記下部コア層1の上にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などで形成されたギャップ層2が形成されている。図25に示すように前記ギャップ層2の上には、Cuなどで形成されたコイル層3が形成され、前記コイル層3はレジストなどの有機絶縁層4によって覆われている。前記有機絶縁層4の上にはNiFe合金などで形成された上部コア層5が形成され、前記上部コア層5の先端部5aは、前記記録媒体との対向面側で前記下部コア層1上にギャップ層2を介して対向し、一方基端部5bは下部コア層1のハイト方向後方で前記下部コア層1上に直接、接して形成されている。

## 【0004】

一方、図26は別の従来の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、図27は図26に示す薄膜磁気ヘッドの正面図である。図26に示す図示左側の面が「記録媒体との対向面」である。

## 【0005】

図26に示す符号6が下部コア層であり、この下部コア層6は記録媒体との対向面側で上部コア層方向（図示Z方向）に向けて隆起する隆起部6aが設けられている。図26に示すように前記下部コア層6のハイト方向（図示Y方向）後方

には磁性材料製のバックギャップ層7が形成され、前記隆起部6aと前記バックギャップ層7間にコイル層8の一部が収められている。前記コイル層8の周囲は絶縁層9で覆われ、前記隆起部6aの上面6bから前記絶縁層9の上面9a及びバックギャップ層7の上面7aは平坦化面となっている。

## 【0006】

図26に示すように前記隆起部6aの上面から前記絶縁層9の上面9aにかけて例えば $\text{Al}_2\text{O}_3$ などで形成されたギャップ層10が形成され、前記ギャップ層10上には記録媒体との対向面からハイト方向に所定間隔を空けて非磁性層12が形成され、さらに前記ギャップ層10上から前記非磁性層12上及び前記バックギャップ層7の上面7aにかけて上部コア層11が形成されている。

## 【0007】

一方、図28はさらに別の従来の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。図28に示す図示左側の面が「記録媒体との対向面」である。

## 【0008】

図28に示す符号13が下部コア層であり、この下部コア層13は記録媒体との対向面側で上部コア層方向（図示Z方向）に向けて隆起する隆起部13aが設けられている。図28に示すように前記下部コア層13のハイト方向（図示Y方向）後方には磁性材料製のバックギャップ層14が形成され、前記隆起部13aと前記バックギャップ層14間にコイル層15の一部が収められている。前記コイル層15の周囲は絶縁層16で覆われ、前記隆起部13aの上面13bから前記絶縁層16の上面16aは平坦化面となっている。

## 【0009】

図28に示すように前記隆起部13aの上面および前記絶縁層16の上面16aには、前記バックギャップ層14の記録媒体との対向面側に位置する前端面14aまで、例えば $\text{Al}_2\text{O}_3$ などで形成されたギャップ層18が形成され、前記ギャップ層18の上面18aから前記バックギャップ層14の上面14bは平坦化面となっている。

## 【0010】

そして、前記ギャップ層18上から前記バックギャップ層14の上面14bに

かけて上部コア層19が形成されている。

【0011】

これらの薄膜磁気ヘッドが開示されている特許文献として以下に示すものがある。

【0012】

【特許文献1】

特開2001-319311号公報

【特許文献2】

特開2001-250203号公報

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

ところで近年の高記録密度化・高周波数化に伴って、薄膜磁気ヘッドの小型化・磁気ヘッド装置の高速化が進み、このため薄膜磁気ヘッドに求められる特性もいっそうシビアなものになる。

【0014】

薄膜磁気ヘッドの上部コア層5の先端部5aの前記対向面における幅寸法はトラック幅Twと呼ばれ、高記録密度化が進むほど、この幅寸法はいっそう小さくされる。

【0015】

しかし図25のようにコイル層3を覆う有機絶縁層4がギャップ層2よりもかなり盛り上がって形成されると、上部コア層5のパターンを形成するためのレジストが露光現像の際に乱反射等の影響を受けて、前記上部コア層5を所定形状に形成できず、前記トラック幅Twは広がって形成されやすくなる。

【0016】

また図25に示す薄膜磁気ヘッドには、低い熱膨張係数が求められる。薄膜磁気ヘッドが高い熱膨張係数を有していると、駆動時における発熱によって変形、特に記録媒体との対向面からギャップ層2等が突き出すなどの問題が発生しやすくなる。記録媒体との対向面から図示しない記録媒体の表面までの距離をスペーシングと呼ぶが、高記録密度化を実現するためこのスペーシングはいっそう小さ

い距離となっている。ところが上記したような突き出しの問題などがあると、非常に狭いスペーシングのために薄膜磁気ヘッドが駆動時、前記記録媒体に衝突しやくなるといった問題が生じる。

## 【0017】

図25に示す薄膜磁気ヘッドでは、コイル層3を覆うためにレジストなどで形成された有機絶縁層4を用いている。この有機絶縁層4の部分は他の層に比べて非常に熱膨張係数が高いため、薄膜磁気ヘッドの駆動時における発熱によってこの有機絶縁層4の部分が膨張し、それに引張られてギャップ層2の部分が突き出しいやすくなる。

## 【0018】

また図25に示す薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層2から盛り上がる有機絶縁層4のために上部コア層5から下部コア層1への磁路長が長い。従って磁束効率を良くするためコイル層3のターン数はある程度、必要となるためにコイル抵抗値を下げられず、上記した突き出しの問題は益々顕著化する。

## 【0019】

図26に示す薄膜磁気ヘッドはコイル層8を下部コア層6、隆起部6a、バックギャップ層7に形成された空間内に埋め込み、図25に示す薄膜磁気ヘッドに比べてギャップ層10から盛り上がる層（非磁性層12）の厚みは小さいため図25に示す薄膜磁気ヘッドに比べて前記上部コア層11を精度良く形成しやすい。しかし依然として前記上部コア層11を完全な平坦化面上に形成しておらず、前記上部コア層11を所定形状により精度良く形成できない。

## 【0020】

また図26に示す薄膜磁気ヘッドには以下のような問題点もあった。それは図26に示す薄膜磁気ヘッドではサイドフリンジングの発生を抑制するために薄膜磁気ヘッドの正面を図27に示すような形状にトリミングしなければならないのである。サイドフリンジングとは、両側部から漏れる記録磁界によって実質的にトラック幅が広がる現象であり、高記録密度化が進むにつれて前記サイドフリンジングの発生を極力防止しなければならない。

## 【0021】

そのため図27に示すように、上部コア層11の両側端部11a、ギャップ層10の両側端部10a及び下部コア層6の隆起部6aの両側端部6cをトリミングして、できる限りトラック幅Twに揃える工程が施されている。

#### 【0022】

しかしながら要求されるトラック幅Twが0.3μm程度以下と非常に小さいために、そもそもトリミングでこの寸法を実現すること自体が困難になってきたこと、またトリミングには再付着現象などの問題も生じるためトラック幅Twの精度を向上させることができることなどが問題となった。

#### 【0023】

一方、図28に示す薄膜磁気ヘッドでは、図26に示す薄膜磁気ヘッドと異なり、前記ギャップ層18上には非磁性層は形成されていない。したがって、前記ギャップ層18の上面18aから前記バックギャップ層14の上面14bを平坦化面とことができ、この平坦化面上に前記上部コア層19を形成できるため、図26に示す薄膜磁気ヘッドに比べて前記上部コア層19を精度良く形成しやすい。

#### 【0024】

しかしながら図28に示す薄膜磁気ヘッドでは、図26に示す薄膜磁気ヘッドと同様に、上部コア層19のトラック幅方向における両側端部、ギャップ層18のトラック幅方向における両側端部及び隆起部13aのトラック幅方向における両側端部をトリミングして、トラック幅Twに揃える工程が施されるので、図27を用いて説明したように、トリミング時における再付着現象などの問題により、高精度にトラック幅Twを規定することが困難であった。

#### 【0025】

また図28に示す薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層18はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの無機絶縁材料で形成されたものであるため、前記バックギャップ層14と上部コア層19との接続間に前記ギャップ層18が介在してはいけない。そのため図28のようにバックギャップ層14と上部コア層19との接続部には前記ギャップ層18が介在していないが、図28のような構造にするには、ギャップ層18の形成後、ギャップ層18からコイル絶縁層16にかけてバックギャップ層14形

成のための貫通孔の形成、さらに前記貫通孔内にバックギャップ層14のメッキ形成などを行わなければならず製造工程が複雑化する。特に上記した貫通孔はギャップ層18の上面18aから下部コア層13の表面にかけて完全に貫通していないと下部コア層13と前記バックギャップ層14との磁気的な接続が悪化し、記録特性の低下に繋がるが、コイル絶縁層16は比較的厚い膜厚のため、このコイル絶縁層16の部分が完全に抜けた貫通孔を形成すること自体困難である。

#### 【0026】

以上のように図25、図26および図28に示す薄膜磁気ヘッドでは今後の高記録度化及び高周波数化に適切に対応でき、記録特性の向上を図ることも可能な薄膜磁気ヘッドを実現することができなかった。

#### 【0027】

そこで本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、特にトラック幅を所定寸法に高精度に形成でき狭トラック化に適切に対応できるとともに、磁路長を短くでき、記録特性を向上させることができる薄膜磁気ヘッドを提供することを目的としている。

#### 【0028】

また本発明は、上記の薄膜磁気ヘッドを少ない工程数で且つ容易に形成することが可能な薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することを目的としている。

#### 【0029】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体との対向面からハイト方向に延びて形成された下部コア層と、前記下部コア層上であって前記対向面からハイト方向に所定長さで形成された隆起層と、前記隆起層のハイト方向後端面からハイト方向に所定距離離れて、前記下部コア層上に形成されたバックギャップ層と、少なくとも下部コア層、前記隆起層及びバックギャップ層で囲まれた空間内に形成されたコイル層と、前記コイル層上を覆うコイル絶縁層とを有し、

前記隆起層の上面、前記コイル絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面は連続した平坦化面であり、

G d 決め層は、前記対向面からハイト方向に所定距離離れた前記平坦化面上に形成され、

前記G d 決め層よりも前記対向面側及びハイト側のそれぞれの前記平坦化面上に下から下部磁極層、ギャップ層が形成され、さらに前記ギャップ層上から前記G d 決め層上にかけて上部磁極層が形成され、

前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層は同じ平面形状を有しており、前記対向面での前記上部磁極層のトラック幅方向における幅寸法でトラック幅Twが決定されることを特徴とするものである。

#### 【0030】

本発明における薄膜磁気ヘッドの特徴点は、コイル層を下部コア層、隆起層及びバックギャップ層で囲まれた空間内に形成し、前記隆起層の上面、前記コイル絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面を連続した平坦化面とし、この平坦化面上に、3層の下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を形成している点にある。

#### 【0031】

前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を平坦化面上に形成できることで、この3層を所定形状に精度良く形成でき前記上部磁極層の記録媒体との対向面における幅寸法で決定されるトラック幅Twを所定寸法で形成しやすくなる。よって高記録密度化に適切に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

#### 【0032】

また前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を平坦化面上で形成できることで、磁路長を短くできる。よってコイルのターン数を減らしても記録特性の低下を防ぐことができるため前記ターン数を減らしてコイル抵抗値の低減を図り、熱膨張による突き出しの問題を適切に抑制できる。

#### 【0033】

また本発明の薄膜磁気ヘッドでは図25に示す薄膜磁気ヘッドのように有機絶縁層は必要ないので熱膨張係数の低減を図ることができ、熱膨張による突き出しの問題を適切に抑制できる。

## 【0034】

また本発明では前記平坦化面上にGd決め層が設けられ、このGd決め層により前記下部磁極層及び上部磁極層を磁極部とヨーク部とに機能的に分離している。すなわち下部磁極層及び上部磁極層の少なくとも前記Gd決め層よりも前方は、磁束を集中させ記録媒体に対し記録磁界を発生させるための磁極部として、少なくとも前記Gd決め層よりも後方は、閉磁路内で磁束を効率良く流すためのヨーク部として機能している。本発明では磁極部とヨーク部とが一体化しているがそれをGd決め層を設けることで適切に分離させることが可能になっている。

## 【0035】

また本発明では、前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層は、それぞれメッキ形成されたものであることが好ましい。この3層をそれぞれメッキ形成することで、従来のようにトリミング工程がなくても狭トラック化を実現することができる。

## 【0036】

また本発明では、前記上部磁極層上には上部コア層が形成され、前記上部コア層は前記上部磁極層と同じ平面形状で形成され、前記上部磁極層及び下部磁極層は前記上部コア層よりも高い飽和磁束密度を有していることが好ましい。本発明では前記上部コア層をそのまま上部磁極層上に形成できる。前記上部磁極層表面はほぼ平坦化された面であるので、従来に比べて前記上部コア層を平坦化面上に形成でき前記上部コア層を所定形状に高精度に形成できる。またこのとき上部磁極層及び下部磁極層を上部コア層よりも高い飽和磁束密度を有する磁性材料で形成すると、磁束効率を向上させることができ、記録特性の向上を図ることができる。

## 【0037】

また本発明では、前記上部コア層は前記上部磁極層よりも厚い膜厚で形成されることが好ましい。

## 【0038】

また本発明では、前記上部磁極層及び下部磁極層は前記下部コア層、隆起層及びバックギャップ層よりも高い飽和磁束密度を有していることが好ましい。

## 【0039】

また本発明では、前記上部磁極層の平面形状は、前記対向面でトラック幅の幅寸法を持ち、ハイト方向に向けてこの幅寸法を保ちながら、あるいはハイト方向に向けてトラック幅よりも幅寸法が広がる先端部と、前記先端部のハイト側の両側基端からハイト方向に向けてトラック幅方向への幅がさらに広がる後端部とを有して構成されることが好ましい。この平面形状を有する上部磁極層であれば磁極部となる前記先端部に磁束を集中させることができると共に、ヨーク部となる後端部では、磁束効率を上げることができる。

## 【0040】

また本発明では、前記Gd決め層の記録媒体との対向面側に位置する前端面と下面との境界部は前記隆起層の上にあり、前記Gd決め層は前記隆起層上からコイル絶縁層上にかけて形成されており、

前記隆起層のハイト側に位置する後端面と上面との境界部から前記Gd決め層のハイト側に位置する後端面と下面との境界部までのハイト方向と平行な方向の長さ寸法が、前記Gd決め層の最大膜厚よりも大きいことが好ましい。

## 【0041】

これにより、記録磁界が正規のルートを通らずに前記Gd決め層のハイト側に位置する後端面の近傍から漏れることを抑制することができる。

## 【0042】

また前記Gd決め層の前記後端面と下面との境界部は、前記バックギャップ層の記録媒体との対向面と上面との境界部上に、あるいは前記バックギャップ層上に位置し、前記コイル絶縁層の上面と前記下部磁極層の下面間に前記Gd決め層が介在することがより好ましい。これにより、より効果的に前記Gd決め層のハイト側に位置する後端面の近傍から漏れることを抑制することができるとともに、コイル層の膜厚を厚くできコイル抵抗の低下を図ることができる。

## 【0043】

また本発明では、少なくとも前記Gd決め層の前記後端面と、バックギャップ層の記録媒体との対向面側に位置する前端面との間に位置する前記平坦化面上には、第1メッキ下地層が設けられ、前記第1メッキ下地層上に前記下部磁極層が

メッキ形成されることが好ましい。このとき、前記第1メッキ下地層を非磁性金属材料で形成することができる。また本発明では、前記隆起層上には第2メッキ下地層が形成され、前記第1メッキ下地層と第2メッキ下地層とは分離形成され、少なくともGd決め層は前記第1メッキ下地層と第2メッキ下地層との間に位置し、前記第2メッキ下地層は磁性材料で形成され、前記第2メッキ下地層上に前記下部磁極層がメッキ形成されることが好ましい。この発明では前記隆起層上にも第2メッキ下地層が設けられるが、前記第2メッキ下地層の前端部は記録媒体との対向面に現われるので、前記第2メッキ下地層は磁性材料であることが必要である。非磁性金属材料で前記第2メッキ下地層が形成されるとこの部分が疑似ギャップとなるからである。

## 【0044】

また本発明では、前記Gd決め層上には部分的に第3メッキ下地層が形成され、前記第3メッキ下地層上に上部磁極層がメッキ形成されることが好ましい。前記上部磁極層を前記Gd決め層上に所定形状で形成しやすくなる。

## 【0045】

また本発明では、前記コイル層は、前記下部コア層表面と平行な平面上であって、前記バックギャップ層を中心としてその周囲に巻回形成されている形状であってもよいし、または、前記コイル層は、下部コア層、隆起層及びバックギャップ層に囲まれた空間内に互いに平行に形成された複数本の第1コイル片と、前記上部磁極層上に絶縁層を介して互いに平行に形成された複数本の第2コイル片とを有して構成され、第1コイル片と第2コイル片は互いに非平行をなし、

前記上部磁極層の膜厚方向で対向する第1コイル片の一端部と第2コイル片の一端部とが上下方向で接続部を介して接続されてトロイダル状のコイル構造を構成してもよい。

## 【0046】

また本発明における薄膜磁気ヘッドの製造方法は、以下の工程を有することを特徴とするものである。

(a) 記録媒体との対向面からハイト方向に下部コア層を延ばして形成する工程と、

- (b) 前記下部コア層上にコイル絶縁下地層を形成した後、所定領域の前記コイル絶縁下地層上にコイル層を形成する工程と、
- (c) 前記(b)工程よりも前あるいは後に、前記下部コア層上であって前記対向面からハイト方向に前記コイル層の前記対向面側の前端面に接触しない位置で隆起層を形成し、前記隆起層のハイト方向後端面からハイト方向に離して、且つ前記コイル層と接触しない位置での前記下部コア層上にバックギャップ層を形成する工程と、
- (d) 前記コイル層上をコイル絶縁層で埋め、前記隆起層の上面、前記絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面を連続した平坦化面に形成する工程と、
- (e) 前記対向面からハイト方向に所定距離離れた前記平坦面上にGd決め層を形成する工程と、
- (f) 前記Gd決め層よりも前記対向面側及びハイト側のそれぞれの前記平坦化面上に下から下部磁極層、ギャップ層を形成し、さらに前記ギャップ層上から前記Gd決め層上にかけて上部磁極層を形成する工程。

#### 【0047】

上記の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、下部コア層上の隆起層とバックギャップ部との間にコイル層を埋め込み、平坦化された前記隆起層の上面、前記絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面に、下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層の3層構造を形成することが容易に行える。しかもこの3層構造を平坦化面上に形成できるので、前記3層構造を所定形状に高精度に形成でき高記録密度化に適切に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

#### 【0048】

本発明では、前記(f)工程で、前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を、連続してメッキ形成することが好ましい。これにより前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層の3層を容易に且つ所定形状に形成しやすくでき、特に前記上部磁極層の記録媒体との対向面での幅寸法で決まるトラック幅を高精度に規制することが可能である。

#### 【0049】

また本発明では、前記(f)工程後に、前記上部磁極層上に上部コア層を連続

してメッキ形成し、前記(f)工程で、前記上部磁極層及び下部磁極層を前記上部コア層よりも高い飽和磁束密度を有する材質で形成することが好ましい。

## 【0050】

また本発明では、前記(f)工程で、前記上部磁極層及び下部磁極層を前記下部コア層、隆起層及びバックギャップ層よりも高い飽和磁束密度を有する材質で形成することが好ましい。

## 【0051】

本発明では、前記平坦化面上に下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層、さらには上部コア層を設けることで、これらの各層の材質の選択の幅が広がり、記録媒体との対向面で磁極部として機能する下部磁極層及び上部磁極層に高い飽和磁束密度を有する材質を選択できる。しかも下部磁極層及び上部磁極層はGd決め層よりもさらにハイト方向後方に延び、この部分ではヨーク部として機能するが、このヨーク部にも高い飽和磁束密度を有する層が存在することになるため、磁束効率に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することが可能になっている。

## 【0052】

また本発明では、前記(f)工程で、前記上部磁極層の平面形状は、前記対向面でトラック幅の幅寸法を持ち、ハイト方向に向けてこの幅寸法を保ちながら、あるいはハイト方向に向けてトラック幅よりも幅寸法が広がる先端部と、前記先端部のハイト側の両側基端からハイト方向に向けてトラック幅方向への幅がさらに広がる後端部とを有して形成し、下部磁極層、ギャップ層及び上部コア層の平面形状も、前記上部磁極層の平面形状と同じとすることが好ましい。

## 【0053】

また本発明では、前記(e)工程で、前記Gd決め層の記録媒体との対向面側に位置する前端面と下面との境界部を前記隆起層の上に形成するとともに、前記隆起層のハイト側に位置する後端面と上面との境界部から前記Gd決め層のハイト側に位置する後端面と下面との境界部までのハイト方向と平行な方向の長さ寸法が、前記Gd決め層の最大膜厚よりも大きくなるように、前記Gd決め層を前記隆起層上からコイル絶縁層上にかけて形成することが好ましい。

## 【0054】

また本発明では、前記G d 決め層の前記後端面と下面との境界部が、前記バックギャップ層の記録媒体との対向面と上面との境界部上に、あるいは前記バックギャップ層上に位置し、前記コイル絶縁層の上面と前記下部磁極層の下面間に前記G d 決め層が介在するように、前記G d 決め層を前記隆起層上からコイル絶縁層上、あるいは前記隆起層上からコイル絶縁層上およびバックギャップ層上にかけて形成することがより好ましい。

## 【0055】

また本発明では、前記(d)工程と(e)工程との間に、少なくともG d 決め層のハイト側に位置する後端面と、バックギャップ層の記録媒体との対向面側に位置する前端面との間に位置する前記平坦化面上に第1メッキ下地層を形成し、前記第1メッキ下地層上に前記下部磁極層をメッキ形成することが好ましい。このとき前記第1メッキ下地層を非磁性金属材料で形成してもよい。

## 【0056】

また本発明では、前記隆起層上に第2メッキ下地層を形成し、このとき前記第1メッキ下地層と第2メッキ下地層とを分離して形成し、少なくともG d 決め層を前記第1メッキ下地層と第2メッキ下地層との間の隙間に埋め、前記第2メッキ下地層を磁性材料で形成し、前記第2メッキ下地層上に前記下部磁極層をメッキ形成することが好ましい。

## 【0057】

また本発明では、前記G d 決め層上には部分的に第3メッキ下地層を設け、前記第3メッキ下地層上に上部磁極層をメッキ形成することが好ましい。

## 【0058】

さらに本発明では、前記コイル層を、前記下部コア層表面と平行な平面上であって、前記バックギャップ層を中心としてその周囲に巻回形成してもよいし、あるいは前記コイル層を、下部コア層、隆起層及びバックギャップ層に囲まれた空間内に互いに平行に形成された複数本の第1コイル片と、前記上部磁極層上に絶縁層を介して互いに平行に形成された複数本の第2コイル片とを有して構成し、前記第1コイル片と第2コイル片は互いに非平行をなしており、

前記上部磁極層の膜厚方向で対向する第1コイル片の一端部と第2コイル片の

一端部とを接続部を介して接続してトロイダル状のコイル構造を構成してもよい。

## 【0059】

## 【発明の実施の形態】

図1は、本発明における第1実施形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦面図、図2は図1に示す薄膜磁気ヘッドの一部の構造を示した部分拡大斜視図、図3及び図4は図1に示す薄膜磁気ヘッドのメッキ下地層のパターンを示すための部分縦断面図である。

## 【0060】

なお以下では図示X方向をトラック幅方向と呼び、図示Y方向をハイト方向と呼ぶ。また図示Z方向は記録媒体（磁気ディスク）の進行方向である。また薄膜磁気ヘッドの前端面（図示最左面）を「記録媒体との対向面」と呼ぶ。

## 【0061】

符号20はアルミニナチタンカーバイト（ $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiC}$ ）などで形成された基板であり、前記基板20上に $\text{Al}_2\text{O}_3$ 層21が形成されている。

## 【0062】

前記 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 層21上には、NiFe系合金やセンダストなどで形成された下部シールド層22が形成され、前記下部シールド層22の上に $\text{Al}_2\text{O}_3$ などで形成された下部ギャップ層23が形成されている。

## 【0063】

前記下部ギャップ層23の上の記録媒体との対向面付近には、スピナブルブ型薄膜素子などのGMR素子に代表される磁気抵抗効果素子24が形成され、前記磁気抵抗効果素子24のトラック幅方向（図示X方向）の両側にはハイト方向（図示Y方向）に長く延びる電極層25が形成されている。

## 【0064】

前記磁気抵抗効果素子24上及び電極層25上には $\text{Al}_2\text{O}_3$ などで形成された上部ギャップ層26が形成され、前記上部ギャップ層26上にはNiFe系合金などで形成された上部シールド層27が形成されている。

## 【0065】

前記下部シールド層22から前記上部シールド層27までを再生用ヘッド(MRヘッド)と呼ぶ。

#### 【0066】

図1に示すように前記上部シールド層27上には、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ などで形成された分離層28が形成されている。なお前記上部シールド層27及び分離層28が設けられておらず、前記上部ギャップ層26上に次の下部コア層29が設けられていてもよい。かかる場合、前記下部コア層29が上部シールド層をも兼ね備える。

#### 【0067】

そして前記分離層28の上に下部コア層29が形成されている。前記下部コア層29はNiFe系合金などの磁性材料で形成される。前記下部コア層29は記録媒体との対向面からハイト方向(図示Y方向)に所定の長さ寸法で形成される。前記下部コア層29の基端面29aから一定の間隔をおいてハイト側に前記下部コア層29表面と同じ高さの表面を有する持上げ層30が形成され、前記下部コア層29と前記持ち上げ層30間は $\text{Al}_2\text{O}_3$ などの非磁性材料層31によって埋められている。前記下部コア層29、持上げ層30及び非磁性材料層31の各層の表面は連続した平坦化面である。

#### 【0068】

前記下部コア層29上には記録媒体との対向面からハイト方向(図示Y方向)にかけて所定の長さ寸法L1(図2を参照)で形成された隆起層32が形成されている。さらに前記隆起層32のハイト方向後端面32aからハイト方向(図示Y方向)に所定距離離れた位置にバックギャップ層33が前記下部コア層29上に形成されている。

#### 【0069】

前記隆起層32及びバックギャップ層33は磁性材料で形成され、前記下部コア層29と同じ材質で形成されてもよいし、別の材質で形成されていてもよい。また前記隆起層32及びバックギャップ層33は単層であってもよいし多層の積層構造で形成されていてもよい。前記隆起層32及びバックギャップ層33は前記下部コア層29に磁気的に接続されている。

## 【0070】

図1に示すように、前記下部コア層29及び持上げ層30上には $\text{Al}_2\text{O}_3$ や $\text{SiO}_2$ などの絶縁材料で形成されたコイル絶縁下地層34が形成され、前記コイル絶縁下地層34上には、前記バックギャップ層33を中心にしてその周囲に巻回形成されたコイル層35が形成されている。

## 【0071】

図1に示すように前記バックギャップ層33よりも記録媒体との対向面側に形成されるコイル層35の各導体部は、前記下部コア層29、隆起層32及びバックギャップ層33で囲まれた空間内に形成されている。

## 【0072】

前記コイル層35上は $\text{Al}_2\text{O}_3$ などのコイル絶縁層36で埋められている。図1に示すように前記コイル層35の巻き中心部35a上や巻き終端部35b上にはそれぞれ底上げ層37が形成されている。前記底上げ層37は例えば前記隆起層32やバックギャップ層33と同じ材質の磁性材料で形成される。

## 【0073】

図1に示すように前記隆起層32の上面、コイル絶縁層36の上面、及び底上げ層37の上面は図1に示す基準面Aに沿った連続した平坦化面となっている。

## 【0074】

図1に示すように、前記平坦化面上には、前記記録媒体との対向面からハイト方向(図示Y方向)に最小距離L2離れた位置からハイト方向に向けてGd決め層38が形成されている。

## 【0075】

図1に示す実施形態では前記Gd決め層38の前端面38aは、隆起層32上にあり、また前記Gd決め層38の後端面38bはコイル絶縁層36上にある。

## 【0076】

また図1に示すように、記録媒体との対向面から前記Gd決め層38の前端面38aまでの隆起層32上、前記Gd決め層38の後端面38bよりハイト方向のコイル絶縁層36上、及び前記バックギャップ層33上に、下から下部磁極層39及びギャップ層40が形成されている。この実施形態では前記下部磁極層3

9及びギャップ層40はメッキ形成されている。

#### 【0077】

また図1に示すように前記ギャップ層40上及びGd決め層38上には、上部磁極層41がメッキ形成され、さらに前記上部磁極層41上には上部コア層42がメッキ形成されている。

#### 【0078】

また図1では、前記基準面Aから露出する前記底上げ層37上に引出し部43が形成されている。

#### 【0079】

図1に示す薄膜磁気ヘッドの特徴的部分について説明する。

図1では、下部コア層29上には記録媒体との対向面側に隆起層32が、ハイト側にバックギャップ層33が形成され、前記下部コア層29、前記隆起層32及びバックギャップ層33で囲まれた空間内にコイル層35が埋め込められている。そして前記基準面Aに対し、前記隆起層32の上面、前記コイル絶縁層36の上面及びバックギャップ層33の上面は連続した平坦化面をなし、この平坦化面上に下部磁極層39、ギャップ層40、上部磁極層41及び上部コア層42の4層がメッキ形成されている。

#### 【0080】

このように前記4層を平坦化された面上に形成できるので、前記4層を所定形状に高精度に形成することができる。特に前記上部磁極層41の記録媒体との対向面でのトラック幅方向(図示X方向)における幅はトラック幅Twとして規制される部分であるから、前記上部磁極層41を平坦化面上に形成できることで、前記トラック幅Twを所定寸法に高精度に規制でき、この実施形態では前記トラック幅Twを0.1μm～0.3μmの範囲内で形成することができる。

#### 【0081】

また前記隆起層32上とバックギャップ層33上間を直線状の前記4層で結んで磁路長を形成するため、上部コア層42下の層が盛り上がって形成される従来に比べて磁路長を短くできる。

#### 【0082】

このため前記薄膜磁気ヘッドを構成するコイル層35のターン数を少なくしても一定の記録特性を維持することができ、ターン数を減らせることでコイル抵抗を低減できるから薄膜磁気ヘッドの駆動時においても薄膜磁気ヘッドの発熱を抑え、この結果、ギャップ層40が記録媒体との対向面から突き出す等の問題を抑制することができる。

## 【0083】

また磁路長を短くできるので磁界反転速度を上げることができ、高周波特性に優れた薄膜磁気ヘッドを形成することができる。

## 【0084】

さらに図1に示す薄膜磁気ヘッドではコイル層35を覆うコイル絶縁層36にレジストなどの有機絶縁材料を用いる必要がなく、無機絶縁材料を用いることができる。よって薄膜磁気ヘッドの熱膨張係数を低減させることができる。

## 【0085】

次に図1に示す薄膜磁気ヘッドでは、前記隆起層32の上面からコイル絶縁層36の上面の平坦化面にかけてGd決め層38が形成され、前記Gd決め層38の少なくとも前端面38aよりも記録媒体との対向面側に位置する下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41は磁極層として機能し、前記Gd決め層38の少なくとも後端面38bよりもハイト側に位置する下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41はヨーク層として機能している。

## 【0086】

すなわち下部磁極層39、ギャップ層40、および上部磁極層41は、隆起層32上からバックギャップ層33上まで延びて形成されているが、Gd決め層38の前後で機能が分離されており、この機能の分離によって薄膜磁気ヘッドの記録特性の性能を向上させることができになっている。

## 【0087】

また図1に示す実施形態では前記下部磁極層39、ギャップ層40、上部磁極層41及び上部コア層42の4層をすべてメッキ形成しており、これら4層を同じフレームでメッキ形成することができ、形成が非常に容易である。また4層メッキ構造とすることで、特に上部磁極層41の前記対向面の幅寸法で決まるトラ

ック幅 $T_w$ を所定寸法に高精度に規制でき、従来のようにトリミング処理などを施してトラック幅 $T_w$ を小さくする必要性が無い。

## 【0088】

またこれら4層を同じフレームでメッキ形成しているから、これら4層の平面形状はすべて同じ形状になる。

## 【0089】

図2に示すこれら4層の斜視図は一例である。図2では、下部磁極層39、ギャップ層40、上部磁極層41及び上部コア層42の平面形状は、記録媒体との対向面でトラック幅方向(図示X方向)に一定の幅寸法を有し、ハイト方向(図示Y方向)に向けてこの幅寸法を保ちながら延びる先端部Bと、この先端部Bの両側基端B1、B1からハイト方向(図示Y方向)に向けてトラック幅方向への幅が徐々に広がる後端部Cとで構成されている。上記したように上部磁極層41の記録媒体との対向面のトラック幅方向(図示X方向)の幅寸法でトラック幅 $T_w$ が規制される。

## 【0090】

なお前記先端部Bは、記録媒体との対向面からハイト方向に向けて徐々にトラック幅方向への幅寸法が広がる形状であってもよい。かかる場合、前記先端部Bの両側基端B1からはハイト方向へさらにトラック幅方向への幅寸法が広がった後端部Cが形成される。

## 【0091】

また先端部Bの両側基端B1とGd決め層38の位置関係であるが、図1では、前記Gd決め層38の後端面38bよりもハイト側に前記先端部Bの両側基端B1があるが、前記両側基端B1が、Gd決め層38上にあってもよい。

## 【0092】

次に図2に示すようにギャップデプス(Gd)は、前記ギャップ層40の上面40aの記録媒体との対向面から前記Gd決め層38に突き当たるまでのハイト方向(図示Y方向)への長さで決められる。このため前記ギャップ層40は図2のように前記Gd決め層38の前端面38aよりも記録媒体との対向面側と、Gd決め層38の後端面38bよりもハイト側とに分断されて形成されていること

が適切にギャップデプスを規制する上で好ましい。前記G d 決め層3 8 の前端面3 8 a は記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）へ最小距離L 2 （図1を参照）で0. 5~2. 0  $\mu\text{m}$ 程度であることが好ましい。また前記ギャップデプス（G d）は、0. 5~2. 0  $\mu\text{m}$ 程度であることが好ましい。

## 【0093】

また前記G d 決め層3 8 の形状は図2では矩形状であるが、縦断面が半楕円形状などどのような形状であってもよい。また前記G d 決め層3 8 はレジストなどの有機材料で形成あってもよいし無機材料であってもよい。前記G d 決め層3 8 をレジストなどで形成すると熱を与えることで前記G d 決め層3 8 の表面は丸みを帯びる。

## 【0094】

次に下部磁極層3 9 及び上部磁極層4 1 の材質について説明する。前記下部磁極層3 9 及び上部磁極層4 1 は、上部コア層4 2 や下部コア層2 9 、隆起層3 2 及びバックギャップ層3 3 よりも高い飽和磁束密度B s を有していることが好ましい。ギャップ層4 0 に対向する下部磁極層3 9 および上部磁極層4 1 が高い飽和磁束密度を有していることにより、ギャップ近傍に記録磁界を集中させ、記録密度を向上させることが可能になる。

## 【0095】

また図1に示すように、前記下部磁極層3 9 及び上部磁極層4 1 はG d 決め層3 8 よりもさらにハイト方向（図示Y方向）の後方に延びており、コイル層3 5 上の近い位置に飽和磁束密度B s の高い領域を設けることができる。このため磁束効率を向上させることができ、記録特性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することが可能になる。

## 【0096】

前記下部磁極層3 9 及び上部磁極層4 1 には、NiFe合金やCoFe合金、CoFeNi合金などの磁性材料を使用でき、これら磁性材料は組成比を調整することで高飽和磁束密度B s を得ることができる。この実施形態において高飽和磁束密度B s とは1. 8 T以上の飽和磁束密度を意味する。

## 【0097】

また下部磁極層39及び上部磁極層41は単層構造であってもよいし多層の積層構造であってもよい。

#### 【0098】

また図1に示すギャップ層40は、非磁性金属材料で形成されて、下部磁極層39上にメッキ形成される。前記非磁性金属材料として、NiP、NiPd、NiW、NiMo、NiRh、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上を選択することが好ましく、ギャップ層40は、単層構造でも多層構造で形成されていてもどちらであってもよい。

#### 【0099】

また前記ギャップ層40がNiP合金で形成されると、製造上の連続メッキ容易性に加えて、耐熱性に優れ、前記下部磁極層39及び上部磁極層41との密着性も良い。また下部磁極層39及び上部磁極層41との硬さも同等とすることができるので、例えばイオンミリング等により、下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41の記録媒体との対向面を加工する際の加工量も同等とすることででき加工性を向上させることができる。

#### 【0100】

なお、ギャップ層40はNiP合金であって元素Pの濃度は8質量%以上で15質量%以下であることが好ましい。これにより例えば発熱等の外的要因に対しても安定して非磁性であることが可能である。また、NiP合金等のギャップ層40の合金組成の測定は、SEMやTEM等の組合わされたX線分析装置や波形分散形線分析装置等で特定可能である。

#### 【0101】

次に上部コア層42について説明する。図1に示す上部コア層42もまた下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41とともにメッキ形成されたものであり平面形状もこれらの層と同じである。図1に示す実施形態では、前記上部コア層42を上部磁極層41上のほぼ平坦な面上に形成できるので、従来に比べて形成が非常に容易であるとともに前記上部コア層を所定形状に精度良く形成することができる。

#### 【0102】

前記上部コア層42は下部コア層29などと同等の磁性材料で形成され、単層で形成されてもよいし多層の積層構造で形成されてもよい。

## 【0103】

また前記上部コア層42は形成されなくてもよいが形成されていた方がよい。その理由は、上部磁極層41や下部磁極層39のように高飽和磁束密度を有する層はメッキ成長が非常に遅いため厚い膜厚が付きにくい。一方、上部コア層42は前記上部磁極層41や下部磁極層39ほど高い飽和磁束密度を必要とせず低い磁束密度でもよいからメッキ条件がシビアでなく厚い膜厚で形成しやすい。このため上部コア層42を設けることで記録特性の向上を図ることができる。

## 【0104】

なお前記上部コア層42の膜厚は概ね $1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ である。ちなみに下部磁極層39の膜厚は概ね $0.1\text{ }\mu\text{m}\sim 0.5\text{ }\mu\text{m}$ であり、ギャップ層40の膜厚は概ね $0.05\text{ }\mu\text{m}\sim 0.15\text{ }\mu\text{m}$ であり、上部磁極層41の膜厚は概ね $0.1\text{ }\mu\text{m}\sim 1\text{ }\mu\text{m}$ である。

## 【0105】

次に隆起層32について以下に説明する。図1に示す実施形態では前記隆起層32は、下部コア層29とは別体で形成されたものであり、前記下部コア層29には磁気的に接続されている。なお前記隆起層32は前記下部コア層29と一緒に材質で形成されていてもよい。前記隆起層32は前記下部コア層29と同じ材質で形成されてもよいが異なる材質であってもよい。また前記隆起層32は単層で形成されても多層の積層構造で形成されてもどちらでもよい。

## 【0106】

図2に示すように前記隆起層32の記録媒体との対向面でのトラック幅方向(図示X方向)における幅寸法T1は、前記隆起層32上に乗っかる下部磁極層39、ギャップ層40、上部磁極層41及び上部コア層42の各層の記録媒体との対向面での幅寸法よりも広く形成される。前記幅寸法T1は概ね $5\text{ }\mu\text{m}\sim 30\text{ }\mu\text{m}$ である。また前記隆起層32のハイト方向における長さ寸法L1は、概ね $2\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ である。また前記隆起層32の厚さ寸法H1は、概ね $2.5\text{ }\mu\text{m}\sim 4\text{ }\mu\text{m}$ である。

## 【0107】

次に下部磁極層39を形成する際のメッキ下地層について以下に説明する。図3において図1と同じ符号が付けられている層は同じ層を示しているので説明を省略する。

## 【0108】

図3に示すように、記録媒体との対向面からハイト方向(図示Y方向)にかけて前記隆起層32上に第2メッキ下地層50が形成されている。この第2メッキ下地層50のハイト側後端面からハイト方向に所定距離離れた位置から、第1メッキ下地層51がコイル絶縁層36上に形成されている。前記第1メッキ下地層51は、前記コイル絶縁層36上からハイト方向(図示Y方向)にバックギャップ層33上にまでかけて形成されている。

## 【0109】

図3に示すように前記第1メッキ下地層51と第2メッキ下地層50との間に形成された空間部52を埋めさらにその前後の第1メッキ下地層51と第2メッキ下地層50上に乗り上げてGd決め層38が形成されている。

## 【0110】

図3に示すように前記Gd決め層38の前端面38aと記録媒体との対向面間に露出する第2メッキ下地層50上、および前記Gd決め層38の後端面38bからハイト側に露出する第1メッキ下地層51上に下部磁極層39がメッキ形成され、さらに前記下部磁極層39上にギャップ層40がメッキ形成されている。

## 【0111】

図3では、第1メッキ下地層51と第2メッキ下地層50との間に空間部52を設け、この空間部52内にGd決め層38を埋めている点に特徴がある。前記第1メッキ下地層51と第2メッキ下地層50とが繋がった一つのメッキ下地層として設けられると、このメッキ下地層が磁性材料で形成された場合、記録時に一部の磁束が本来のルートではない前記メッキ下地層内を通って外部に漏れるため、これが磁気的なロスとなり、記録特性の低下に繋がりやすくなるので、第1メッキ下地層51と第2メッキ下地層50との間に空間部52を設けている。

## 【0112】

次に前記第1メッキ下地層51は、磁性材料でなくCuなどの非磁性金属材料で形成されてもよい。一方、第2メッキ下地層50は磁性材料で形成されていなければならぬ。それは前記第2メッキ下地層50は記録媒体との対向面に露出するからであり、前記第2メッキ下地層50が仮に非磁性金属材料で形成されていると前記第2メッキ下地層50が疑似ギャップとなり、記録特性の低下に繋がる。よって第2メッキ下地層50は磁性材料で形成されていることが必要であり、一方、記録媒体との対向面よりもハイト方向奥側に位置する第1メッキ下地層51にはそのような制限はない。

#### 【0113】

なお前記第2メッキ下地層50は形成されていなくてもよい。それは前記隆起層32表面をメッキ下地層の表面として機能させることができるからである。また前記第1メッキ下地層51は、少なくともGd決め層38の後端面38bとバックギャップ層33の前端面33aとの間に位置する平坦化面上に形成されればよく、バックギャップ層33上に形成されている第1メッキ下地層51の部分は、下部磁極層39をメッキ形成する前に除去したり、元々、第1メッキ下地層51がバックギャップ層33上に形成されないようにしておいてもよい。特に第1メッキ下地層51が非磁性金属材料で形成されているとき、前記バックギャップ層33上に形成された第1メッキ下地層51は磁気的なロスをもたらす層となるので、かかる場合、前記バックギャップ層33上に前記第1メッキ下地層51が形成されないようにすることが望ましい。

#### 【0114】

図4では、前記Gd決め層38上に部分的に第3メッキ下地層53が形成されている。前記Gd決め層38上に部分的に第3メッキ下地層53を設けた理由は、この上に形成される上部磁極層41のメッキ成長を良好にし、前記Gd決め層38上にメッキ形成される上部磁極層41のメッキ厚が極端に薄くならないようにするためである。

#### 【0115】

また前記第3メッキ下地層53をGd決め層38上に部分的に設ける理由は、仮に前記Gd決め層38の前端面38aから前記Gd決め層38の上面及びGd

決め層38の後端面38bにかけて広い範囲に第3メッキ下地層53を設けると、下部磁極層39やギャップ層40も前記Gd決め層38上にメッキ成長しやすくなり、図4のように前記Gd決め層38の前後に下部磁極層39とギャップ層40とを分離してメッキ形成することができなくなってしまいGd決め層38を設けた効果が薄れてしまう。よって前記下部磁極層39及びギャップ層40が付かない位置の前記Gd決め層38上に部分的に第3メッキ下地層53を設けることとしたのである。

## 【0116】

図5は本発明における第2実施形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、図6は図5に示す薄膜磁気ヘッドの部分正面図、図7はコイル層のコイル形状を真上から見た部分正面図である。なお図6は隆起層32などを図面から省略した部分正面図である。

## 【0117】

図5において図1と同じ符号が付けられている層は図1と同じ層を示している。図5において図1と異なるのはコイル層の巻回の仕方である。

## 【0118】

図5に示す薄膜磁気ヘッドでは、下部コア層29、隆起層32及びバックギャップ層33に囲まれて形成された空間内に第1コイル片55が複数本、それぞれ平行に形成されている。

## 【0119】

前記第1コイル片55は、真上から見ると図7のように例えばトラック幅方向(図示X方向)と平行な方向に並んで形成されている。

## 【0120】

図5に示すように、下部磁極層39、ギャップ層40、上部磁極層41及び上部コア層42の4層62上には、例えば $\text{Al}_2\text{O}_3$ などの絶縁材料で形成された絶縁層58が形成され、前記絶縁層58の上に第2コイル片56が複数本、それぞれ平行に形成されている。

## 【0121】

前記第2コイル片56は、真上から見ると図7のように例えばトラック幅方向

(図示X方向)から斜めに傾いた方向に並んで形成されている。

#### 【0122】

このように前記第1コイル片55と第2コイル片56とは互いに非平行の関係にあり、図6及び図7に示すように、4層62の膜厚方向(図示Z方向)で対向する第1コイル片55の一端部55aと第2コイル片56の一端部56aとが接続部61を介して接続されている。なお図6の図示左側に示した点線の接続部61は、図面上見えている第1コイル片55の一つ後ろ側(図示Y方向)に位置する第1コイル片55の一端部と、図面上見えている第2コイル片56の一端部56bとを接続している。

#### 【0123】

このように4層62の膜厚方向で対向する第1コイル片55の一端部と第2コイル片56の一端部とが接続部61を介して接続されてトロイダル状のコイル層57が形成されている。なお図5に示す符号60の層は $\text{Al}_2\text{O}_3$ などで形成された保護層であり、図6に示す符号63の層は例えばレジスト層であり、また図5や図7に示す符号59の層は引出し層である。前記引出し層59は第2コイル片56と同じ工程時に形成される。

#### 【0124】

図5ないし図7のようないわゆるトロイダル状のコイル層57を形成できるのは、隆起層32の上面、コイル絶縁層36の上面及びバックギャップ層33の上面を平坦化面で形成でき、この平坦化面上に下部磁極層39、ギャップ層40、上部磁極層41及び上部コア層42の4層62を形成できるからである。その結果、上部コア層42の上面をほぼ平坦化された面として形成でき、その上に第2コイル片56を所定形状に簡単に且つ精度良く形成することが可能になる。

#### 【0125】

図1に示す薄膜磁気ヘッドの製造方法を図8ないし図14に示す製造工程図を用いて以下に説明する。なお図1に示す下部コア層29から上部コア層42までの各層の形成方法について説明する。また各図の製造工程図は製造途中の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。

#### 【0126】

図8に示す工程では、NiFe系合金等で形成された下部コア層29と持上げ層30とをメッキ形成し、前記下部コア層29と持上げ層30の間をAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの非磁性材料層31によって埋める。その後、CMP技術等を用いて前記下部コア層29表面、非磁性材料層31表面及び持上げ層30表面を研磨加工し、平らな面とする。

#### 【0127】

次に図9に示す工程では、前記下部コア層29表面、非磁性材料層31表面及び持上げ層30表面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などのコイル絶縁下地層34をスパッタ等で形成する。次に前記コイル絶縁下地層34上にコイル層35を巻回形成する。前記コイル層35はCuなどの非磁性導電材料でメッキ形成されたものである。

#### 【0128】

次に図10に示す工程では、記録媒体との対向面から前記コイル層35の前記対向面側の前端面までのコイル絶縁下地層34、および前記下部コア層29の基端部付近に形成されたコイル絶縁下地層34をエッチングなどで除去した後、前記対向面からハイト方向(図示Y方向)に所定長さで前記下部コア層29上に隆起層32を形成し、同じ工程時に、前記下部コア層29の基端部上にバックギャップ層33を形成する。前記隆起層32及びバックギャップ層33と下部コア層29間にはコイル絶縁下地層34は無く、磁気的に接続された状態になっている。

#### 【0129】

またこの図10工程で前記隆起層32及びバックギャップ層33を形成するのと同時に、前記コイル層35の巻き中心部35a上、および巻き終端部35b上に底上げ層37を形成することが好ましい。

#### 【0130】

上記した隆起層32、バックギャップ層33及び底上げ層37はレジスト(図示しない)にこれら層のパターンを露光現像により形成し、そのパターン内にスパッタ等で磁性材料層を埋めることで形成することができる。その後、前記レジスト層を除去する。

#### 【0131】

図10に示すように前記隆起層32の上面、バックギャップ層33の上面及び底上げ層37の上面をそれぞれほぼ同じ高さとなるように形成する。なお図8工程後、図10工程を施し、その後図9工程を施してもよい。このとき底上げ層37は、コイル層35を形成した後、新たな工程を用いて形成することになる。

#### 【0132】

次に図11に示す工程では、前記コイル層35上、前記隆起層32上、バックギャップ層33上及び底上げ層37上を $A_1{}_2O_3$ などのコイル絶縁層36で覆う。前記コイル絶縁層36をスパッタ等で形成する。

#### 【0133】

そして図11に示すD-D線まで前記コイル絶縁層36をX-Y平面と平行な方向からCMP技術等を用いて削り込む。削り込みを終了した時点を示したのが図12である。

#### 【0134】

図12では隆起層32の上面、コイル絶縁層36の上面、バックギャップ層33の上面及び底上げ層37の上面が基準面Aに沿った平坦化面として形成されている。そして図12に示すようにコイル層35は、コイル絶縁層36内に完全に埋められた状態になっている。

#### 【0135】

次に図13工程では、まず図3に示す第1メッキ下地層51と第2メッキ下地層50をスパッタ等で前記平坦化面上に形成した後、記録媒体との対向面からハイト方向(図示Y方向)に所定距離だけ離れた位置で、且つ前記第1メッキ下地層51と第2メッキ下地層50間に形成された空間部52内を埋めるようにGd決め層38を形成する。前記Gd決め層38は無機絶縁材料や有機絶縁材料で形成されてもよいが、ここでは前記Gd決め層38をレジストなどの有機絶縁材料で形成する。前記Gd決め層38を所定位置に形成した後、熱処理を施して前記Gd決め層38を熱硬化する。このとき有機絶縁材料で形成された前記Gd決め層38表面は丸みを帯びる。次に図4に示す第3メッキ下地層53を前記Gd決め層38上に部分的に形成する。前記第3メッキ下地層53を部分的に形成する方法には幾つかあるが、例えば前記第3メッキ下地層53を形成しないGd決め

層38上等をレジストで埋めておき、前記Gd決め層38上に前記第3メッキ下地層53をスパッタ等で形成した後、前記レジストを除去する方法などが考えられる。図3で説明したように前記第1メッキ下地層51を非磁性金属材料で形成することもできる。また第1メッキ下地層51をバックギャップ層33上に形成しなくてもよいし、前記第1メッキ下地層51をバックギャップ層33上にも形成した場合には、その後、前記バックギャップ層33上の第1メッキ下地層51をエッチングで除去してもよい。さらに前記第2メッキ下地層50を形成しなくてもよく、形成した場合は前記第2メッキ下地層50を磁性材料で形成する。第3メッキ下地層53を磁性材料で形成しても非磁性金属材料で形成してもどちらでもよい。

#### 【0136】

次に図14に示す工程では、例えば平面形状が図2に示す先端部Bと後端部Cとからなるパターン65aが設けられたレジスト層65を形成し、このパターン65a内に下から下部磁極層39、ギャップ層40、上部磁極層41及び上部コア層42を連続してメッキ形成する。

#### 【0137】

前記下部磁極層39、ギャップ層40、上部磁極層41及び上部コア層42の平面形状は、記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）に向けて細長形状の先端部Bと、この先端部Bの両側基端B1からハイト方向にトラック幅方向（図示X方向）が広がる後端部Cとで構成されている。またこのとき前記上部磁極層41の前記対向面でのトラック幅方向（図示X方向）への幅寸法でトラック幅Twが規制される。そして前記レジスト層65を除去する。

#### 【0138】

この図14工程では、下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41を記録媒体との対向面からバックギャップ層33上にまで延ばしてメッキ形成し、さらに前記上部磁極層41上に上部コア層42を連続してメッキ形成した点に特徴がある。

#### 【0139】

前記下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41は本来的には「磁極

」を構成する部分なので前記対向面からGd決め層38上まで部分的に形成されるのが一般的である。

#### 【0140】

しかしこの工程では、あえて下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41をバックギャップ層33上まで延ばして形成し、Gd決め層38より後ろの下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41を上部コア層42と同様の「ヨーク部」として機能させているのである。

#### 【0141】

そしてこのように下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41をバックギャップ層33上まで延ばして形成したことで、前記上部磁極層41上に連続して上部コア層42をメッキ形成することが可能になったのである。

#### 【0142】

上記したように前記下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41を部分的に形成した場合、この3層の後ろには一般的にコイル層や絶縁層などが形成されるが、かかる場合、前記上部磁極層41上からその後ろの層上にかけてCMP技術等を施して前記上面を平坦化する工程が必要となり、この平坦化処理工程後に、上部コア層42を形成していた。しかし図14工程では、下部磁極層39、ギャップ層40及び上部磁極層41をバックギャップ層33上まで延ばして形成したことで、前記平坦化処理工程は必要なく、前記上部磁極層41上に直接に上部コア層42をメッキ形成することが可能である。よって前記上部コア層42の形成が少ない工程数で容易で且つ前記上部コア層42をほぼ平坦化された上部磁極層41上に形成できるので、前記上部コア層42を所定形状に高精度に形成することが可能である。

#### 【0143】

また図14工程では、上部磁極層41及び下部磁極層39を上部コア層42や、下部コア層29、隆起層32及びバックギャップ層33よりも高い飽和磁束密度を有する材質で形成することが可能である。これによりギャップ近傍に記録磁界を集中させ、記録密度を向上させることが可能になり、またコイル層35上の近い位置に飽和磁束密度の高い層を設けることで磁束効率が良くなり記録特性の

向上を図ることが可能である。

#### 【0144】

また、図14工程では、ギャップ層40をメッキ形成するので、前記ギャップ層40をメッキ形成可能な非磁性金属材料で形成することが好ましい。前記ギャップ層40をNiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上から選択された材質で形成することが好ましい。これら材料を使用することで前記ギャップ層40を所定の膜厚まで適切にメッキ形成することができ、また前記ギャップ層40を適切に非磁性にできる。

#### 【0145】

また前記ギャップ層40がNiP合金で形成されると、メッキ容易性に加えて、耐熱性に優れ、また上部磁極層41との密着性も良い。またギャップ層40はNiP合金であって元素Pの濃度は8質量%以上で15質量%以下であることが好ましい。これにより例えば発熱等の外的要因に対しても安定して非磁性であることが可能である。また、NiP合金等のギャップ層40の合金組成の測定は、SEMやTEM等の組合わされたX線分析装置や波形分散形線分析装置等で特定可能である。

#### 【0146】

また図5ないし図7に示すトロイダル状のコイル層57を形成するときは、図9工程で複数の第1コイル片55を形成し、図10工程で、隆起層32やバックギャップ層33の形成と同時に図6や図7に示す接続部61を形成し、さらに図14工程後に前記上部コア層42上に絶縁層58やレジスト層63を形成した後、前記絶縁層58上に複数本の第2コイル片56を形成し、このとき前記第2コイル片56の一端部を前記接続部61上に磁気的に接続させ、トロイダル状となるコイル層57を形成すればよい。

#### 【0147】

以上のように上記した薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、平坦化された面上に、下部磁極層、ギャップ層、上部磁極層及び上部コア層を製造工程数が少なく簡単に且つ所定形状に高精度にメッキ形成できる。

#### 【0148】

図15は本発明における第3実施形態の第1の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図、図16は図15に示す薄膜磁気ヘッドの一部の構造を示した部分拡大斜視図、図17は図15に示す薄膜磁気ヘッドの部分平面図、図18は図15に示す薄膜磁気ヘッドの部分縦断面図である。

## 【0149】

図15に示す薄膜磁気ヘッドは図1ないし図4に示す薄膜磁気ヘッドとほぼ同様の構造で構成されている。したがって、図15に示す薄膜磁気ヘッドの構造部分のうち、図1ないし図4に示す薄膜磁気ヘッドと同様の構造部分には同様の符号を付して、その詳しい説明を省略する。

## 【0150】

図15に示す薄膜磁気ヘッドでも、隆起層32の上面、コイル絶縁層36の上面、バックギャップ層33の上面および底上げ層37の上面は、図15に示す基準面Aに沿った連続した平坦化面となっている。

## 【0151】

前記平坦化面上には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）に最小距離離れた位置からハイト方向に向けてGd決め層138が形成されている。前記Gd決め層138の前端面138aは前記隆起層32上に位置し、また前記Gd決め層の後端面138bは前記コイル絶縁層36上に位置するように形成されている。

## 【0152】

図17に示すように、前記Gd決め層138のトラック幅方向の幅寸法W1は、前記上部コア層42のトラック幅方向における最大幅寸法W2よりも若干大きく形成されていることが好ましい。その理由は以下に述べるとおりである。

## 【0153】

すなわち、前記Gd決め層138が形成されているため、前記上部磁極層41には、Gd決め層138の前記厚さ寸法T2に起因する段差部が生じる。この上部磁極層41の上にはメッキ下地層を介して上部コア層42がメッキ形成され、前記上部コア層42にも前記段差部が形成される。ここで、前記Gd決め層138の前記幅寸法W1が、前記上部コア層42の前記最大幅寸法W2よりも小さく

形成されていると、前記上部コア層42を形成するためのメッキ下地層には前記Gd決め層138の両側端縁138d, 138eによって生じるハイト方向に延びる2つの段差部と、前記Gd決め層138の後端面138bによって生じるトラック幅方向に延びる1つの段差部が生じる。前記メッキ下地層に段差部が形成されると、メッキ下地層が前記段差部で欠損し易くなり、メッキ下地層に欠損が生じると、上部コア層42がメッキ形成され難くなる。

## 【0154】

しかし、前記Gd決め層138の前記幅寸法W1を、前記上部コア層42の前記最大幅寸法W2よりも大きく構成すると、前記Gd決め層138の両側端縁138d, 138eが前記上部コア層42を形成するためのメッキ下地層の外側に位置するため、前記メッキ下地層には前記Gd決め層138の両側端縁138d, 138eによる段差部は形成されない。したがって、前記メッキ下地層に生じる段差部の数を少なくすることが可能となり、上部コア層42の品質を向上させることができる。

## 【0155】

前記Gd決め層138は、前記隆起層32の後端面32aと接触する接触部138cから、前記Gd決め層138の後端面138bまでの長さ寸法をL3としたとき、前記L3は前記Gd決め層138の厚さ寸法T1よりも大きく形成されている。ここで、前記長さ寸法L3が前記厚さ寸法T1よりも小さく構成されていると、発生した磁束は前記対向面において前記上部磁極層41から下部磁極層39に向って流れる前に、前記Gd決め層138の前記後端面138bの近傍で、上部磁極層41から下部磁極層39に流れ易くなり、磁束の漏れが生じ易くなる。これは、磁束は磁気抵抗が小さい所ほど流れ易くなる性質を持っているからであり、特に、前記Gd決め層138の後端面138bに形成された角部138Pから、前記隆起層32の前記後端面32aに形成された角部32Qに向って前記磁束が流れ易くなる。

## 【0156】

しかし、図15に示す薄膜磁気ヘッドでは図18に示すように、前記長さ寸法L3が前記厚さ寸法T1よりも大きく構成されているため、前記Gd決め層13

8の前記角部138Pから前記隆起層32の前記後端面32aに形成された前記角部32Qまでの長さ寸法を大きくすることができる。そのため、前記角部138Pから前記角部32Qに向って磁束が流れ難くなり、前記対向面において磁界が発生し易くなる。したがって、図15に示す薄膜磁気ヘッドでは記録効率を大きくすることができる。

## 【0157】

図19は本発明における第3実施形態の第2の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図、図20は図19に示す薄膜磁気ヘッドの一部の構造を示した部分拡大斜視図、図21は図19に示す薄膜磁気ヘッドの部分平面図、図22は図19に示す薄膜磁気ヘッドの部分縦断面図である。

## 【0158】

図19に示す薄膜磁気ヘッドも図1ないし図4に示す薄膜磁気ヘッドとほぼ同様の構造で構成されている。したがって、図19に示す薄膜磁気ヘッドの構造部分のうち、図1ないし図4に示す薄膜磁気ヘッドと同様の構造部分には同様の符号を付して、その詳しい説明を省略する。

## 【0159】

図19に示す薄膜磁気ヘッドでは、コイル層135の上面が図19に示す基準面Aに形成されており、隆起層32の上面、コイル層135の上面、コイル絶縁層36の上面、バックギャップ層33の上面および底上げ層37の上面が、前記基準面Aに沿った連続した平坦化面となっている。

## 【0160】

前記平坦化面上には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）に最小距離離れた位置からハイト方向に向けてGd決め層238が形成されている。前記Gd決め層238の前端面238aは前記隆起層32上に位置し、また前記Gd決め層の後端面238bは前記バックギャップ層33上に位置するように形成されている。あるいは、前記Gd決め層の後端面238bは前記ギャップ層33の上面と、前記バックギャップ層33の記録媒体と対向する側の面である前面33aとの境界部33b上に位置するように構成しても良い。

## 【0161】

図19に示す薄膜磁気ヘッドでは、前記コイル層135の上部に前記Gd決め層138が形成されており、このGd決め層138は有機絶縁材料で形成されている。したがって、前記コイル層135の上面を前記基準面Aまで延ばして前記Gd決め層138の下面に接触するように形成しても、前記コイル層135を絶縁することができる。したがって、前記コイル層135の断面積を大きくすることができます、抵抗を小さくすることが可能となる。ただし、本発明はこれに限定されるものではなく、前記図15に示す薄膜磁気ヘッドと同様に、前記コイル層135の上面を前記基準面Aよりも下方に位置するように構成し、前記コイル層135の上面に前記コイル絶縁層36を形成して構成しても良い。

#### 【0162】

図19に示す薄膜磁気ヘッドも上部コア層42の品質を向上するため、図15に示す薄膜磁気ヘッドと同様、図21に示すように前記Gd決め層238のトラック幅方向の幅寸法W3は、前記上部コア層42のトラック幅方向の最大幅寸法W2よりも大きく形成することが好ましい。

#### 【0163】

前記Gd決め層238が前記隆起層32の後端面32aと接触する接触部238cから、前記Gd決め層238の後端面238bまでの長さ寸法をL4としたとき、前記L4は前記Gd決め層238の厚さ寸法T2よりも大きく形成されている。したがって、図19に示す薄膜磁気ヘッドでも、前記Gd決め層238に形成された角部238Pから前記隆起層32の前記後端面32aに形成された前記角部32Qまでの長さ寸法を大きくすることができるため、前記角部238Pから前記角部32Qに向って磁束が流れ難くなり、前記対向面において磁界が発生し易くなる。したがって、図18に示す薄膜磁気ヘッドでも記録効率を大きくすることができます。

#### 【0164】

図23は本発明の第4実施形態の第1の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図である。図23に示す薄膜磁気ヘッドは図5ないし図7に示す薄膜磁気ヘッドとほぼ同様の構造で構成されている。したがって、図23に示す薄膜磁気ヘッドの構造部分のうち、図5ないし図7に示す薄膜磁気ヘッドと同様の構造部

分には同様の符号を付して、その詳しい説明を省略する。

#### 【0165】

図23に示す薄膜磁気ヘッドの隆起層32の上面、コイル絶縁層36の上面、バックギャップ層33の上面および前記ギャップバック層33のハイト方向に所定距離離れた底上げ層37（図示せず）の上面は、図23に示す基準面Aに沿った連続した平坦化面となっている。前記平坦化面上には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）に最小距離離れた位置からハイト方向に向けてGd決め層338が形成されている。前記Gd決め層338の前端面338aは、図15に示す薄膜磁気ヘッドと同様に前記隆起層32上に位置し、また前記Gd決め層の後端面338bは前記コイル絶縁層36上に位置するように形成されている。

#### 【0166】

図23に示す薄膜磁気ヘッドも上部コア層42の品質を向上するため、図15に示す薄膜磁気ヘッドと同様、前記Gd決め層338のトラック幅方向の幅寸法は、前記上部コア層42のトラック幅方向の最大幅寸法よりも大きく形成することが好ましい。

#### 【0167】

前記Gd決め層338が前記隆起層32の後端面32aと接触する接触部338cから、前記Gd決め層338の後端面338bまでの長さ寸法をL5としたとき、前記L5は前記Gd決め層338の厚さ寸法T3よりも大きく形成されている。したがって、図23に示す薄膜磁気ヘッドでも、前記Gd決め層338に形成された角部338Pから前記隆起層32の前記後端面32aに形成された前記角部32Qまでの長さ寸法を大きくすることができるため、前記角部338Pから前記角部32Qに向って磁束が流れ難くなり、前記対向面において磁界が発生し易くなる。したがって、図23に示す薄膜磁気ヘッドでも記録効率を大きくすることができます。

#### 【0168】

図24は本発明の第4実施形態の第2の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図である。図24に示す薄膜磁気ヘッドも図5ないし図7に示す薄膜磁気

ヘッドとほぼ同様の構造で構成されている。したがって、図24に示す薄膜磁気ヘッドの構造部分のうち、図5ないし図7に示す薄膜磁気ヘッドと同様の構造部分には同様の符号を付して、その詳しい説明を省略する。

#### 【0169】

図24に示す薄膜磁気ヘッドでは、コイル層435の上面が図24に示す基準面Aに形成されており、隆起層32の上面、コイル層455の上面、コイル絶縁層36の上面、バックギャップ層33の上面および底上げ層37の上面が、前記基準面Aに沿った連続した平坦化面となっている。

#### 【0170】

前記平坦化面上には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）に最小距離離れた位置からハイト方向に向けてGd決め層438が形成されている。前記Gd決め層438の前端面438aは図19に示す薄膜磁気ヘッドと同様に前記隆起層32上に位置し、また前記Gd決め層の後端面438bは前記バックギャップ層33上に位置するように形成されている。あるいは、前記Gd決め層の後端面438bは前記ギャップ層33の上面と前記前端面33aとの境界部33b上に位置するように構成しても良い。

#### 【0171】

図24に示す薄膜磁気ヘッドでは、前記コイル層455の上部に前記Gd決め層438が形成されており、このGd決め層438は有機絶縁材料で形成されている。したがって、前記コイル層455の上面を前記基準面Aまで延ばして前記Gd決め層438の下面に接触するように形成しても、前記コイル層455を絶縁することができる。したがって、前記コイル層455の断面積を大きくすることができ、抵抗を小さくすることが可能となる。ただし、本発明はこれに限定されるものではなく、前記図23に示す薄膜磁気ヘッドと同様に、前記コイル層455の上面を前記基準面Aよりも下方に位置するように構成し、前記コイル層455の上面に前記コイル絶縁層36を形成して構成しても良い。

#### 【0172】

図24に示す薄膜磁気ヘッドも上部コア層42の品質を向上するため、図15に示す薄膜磁気ヘッドと同様、前記Gd決め層438のトラック幅方向の幅寸法

は、前記上部コア層42のトラック幅方向の最大幅寸法よりも大きく形成することが好ましい。

#### 【0173】

前記Gd決め層438が前記隆起層32の後端面32aと接触する接触部438cから、前記Gd決め層438の後端面438bまでの長さ寸法をL6としたとき、前記L6は前記Gd決め層438の厚さ寸法T4よりも大きく形成されている。したがって、図24に示す薄膜磁気ヘッドでも、前記Gd決め層438に形成された角部438Pから前記隆起層32の前記後端面32aに形成された前記角部32Qまでの長さ寸法を大きくすることができるため、前記角部438Pから前記角部32Qに向って磁束が流れ難くなり、前記対向面において磁界が発生し易くなる。したがって、図24に示す薄膜磁気ヘッドでも記録効率を大きくすることができます。

#### 【0174】

図15に示す薄膜磁気ヘッドを製造するには、図13に示す工程で前記Gd決め層138の前端面138aが前記隆起層32上に位置するように形成し、後端面138bが前記コイル絶縁層36上に位置するように形成する。このとき、前記長さ寸法L3は、前記厚さ寸法T1よりも大きくなるように形成する。

#### 【0175】

図19に示す薄膜磁気ヘッドを製造する場合には、図13に示す工程で前記Gd決め層238の前端面238aが前記隆起層32上に位置するように形成し、後端面238bが前記バックギャップ層33上に位置するように形成する。このとき、前記長さ寸法L4は、前記厚さ寸法T2よりも大きくなるように形成する。

#### 【0176】

図23に示す薄膜磁気ヘッドは、図15に示した薄膜磁気ヘッドと同様、図13に示す工程で前記Gd決め層338の前端面338aが前記隆起層32上に位置するように形成し、後端面338bが前記コイル絶縁層36上に位置するように形成する。このとき、前記長さ寸法L5は、前記厚さ寸法T3よりも大きくなるように形成する。

## 【0177】

図23に示す薄膜磁気ヘッドにはトロイダル状のコイル層57が形成されている構造である。図23に示す薄膜磁気ヘッドを製造するには、図9に示す工程で第1のコイル片55を形成した後、図10に示す工程で隆起層32やバックギャップ層33の形成と同時に図6や図7に示す接続部61を形成し、さらに図14に示す工程後に前記上部コア層42上に絶縁層58やレジスト層63を形成した後、前記絶縁層58上に複数本の第2コイル片56を形成し、このとき前記第2コイル片56の一端部を前記接続部61上に磁気的に接続させ、トロイダル状となるコイル片57を形成すれば良い。この図14に示す工程で前記上部コア層42上に絶縁層58を形成した際、前記絶縁層58の上面58aには前記Gd決め層338の厚さ寸法T3に起因する段差部が生じる。このとき、絶縁層58の上面58aを平坦化しないで前記段差部を有した状態のまま前記第2コイル片56を形成しても良いが、前記絶縁層58の上面58aを平坦化して前記段差部を除去した後に前記第2コイル片56を形成することが好ましい。その理由は、前記段差部の上部に前記第2コイル片56を形成した場合、前記第2コイル片56が段差部によって歪んで形成されてしまい、精度良く形成することができない。したがって、図21に示すように前記絶縁層58の上面58aを平坦化し、平坦化された前記上面58aに前記第2コイル片56を形成すれば、前記第2コイル片56を高精度に形成することができるからである。

## 【0178】

図24に示す薄膜磁気ヘッドは、図16に示した薄膜磁気ヘッドと同様、図13に示す工程で前記Gd決め層438の前端面438aが前記隆起層32上に位置するように形成し、後端面438bが前記バックギャップ層33上に位置するように形成する。このとき、前記長さ寸法L6は、前記厚さ寸法T4よりも大きくなるように形成する。

## 【0179】

図24に示す薄膜磁気ヘッドも図23に示す薄膜磁気ヘッドと同様、トロイダル状のコイル層57が形成された構造である。したがって、図24に示す薄膜磁気ヘッドを製造するには、図9に示す工程で第1のコイル片55を形成した後、

図10に示す工程で隆起層32やバックギャップ層33の形成と同時に図6や図7に示す接続部61を形成し、さらに図14に示す工程後に前記上部コア層42上に絶縁層58やレジスト層63を形成した後、前記絶縁層58上に複数本の第2コイル片56を形成し、このとき前記第2コイル片56の一端部を前記接続部61上に磁気的に接続させ、トロイダル状となるコイル片57を形成する。図24に示す薄膜磁気ヘッドの製造工程においても、図14に示す工程で前記上部コア層42上に絶縁層58を形成した後、前記絶縁層58の上面58aを平坦化しないで前記第2コイル片56を形成しても良いが、前記第2コイル片56を高精度に形成するため、前記絶縁層58の上面58aを平坦化して前記段差部を除去した後に前記第2コイル片56を形成することが好ましい。

#### 【0180】

以上、詳述した本発明における薄膜磁気ヘッドは、例えばハードディスク装置などに搭載される磁気ヘッド装置に内蔵される。前記薄膜磁気ヘッドは浮上式磁気ヘッドあるいは接触式磁気ヘッドのどちらに内蔵されたものでもよい。また前記薄膜磁気ヘッドはハードディスク装置以外にも磁気センサ等に使用できる。

#### 【0181】

##### 【発明の効果】

以上、詳細に説明した本発明によれば、コイル層を下部コア層、隆起層及びバックギャップ層で囲まれた空間内に形成し、前記隆起層の上面、前記コイル絶縁層の上面及びバックギャップ層の上面を連続した平坦化面とし、この平坦化面上に、3層の下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を形成している。

#### 【0182】

前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を平坦化面上に形成できることで、この3層を所定形状に精度良く形成でき前記上部磁極層の記録媒体との対向面における幅寸法で決定されるトラック幅Twを所定寸法で形成しやすくなる。よって高記録密度化に適切に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

#### 【0183】

また前記下部磁極層、ギャップ層及び上部磁極層を平坦化面上で形成できるこ

とで、磁路長を短くできる。よってコイルのターン数を減らしても記録特性の低下を防ぐことができるため前記ターン数を減らしてコイル抵抗値の低減を図り、熱膨張による突き出しの問題を適切に抑制できる。

#### 【0184】

また本発明の薄膜磁気ヘッドでは有機絶縁層を設ける必要がないので熱膨張係数の低減を図ることができ、熱膨張による突き出しの問題を適切に抑制できる。

#### 【0185】

また本発明では前記平坦化面上にGd決め層が設けられ、このGd決め層により前記下部磁極層及び上部磁極層を磁極部とヨーク部とに機能的に分離している。すなわち下部磁極層及び上部磁極層の少なくとも前記Gd決め層よりも前方は、磁束を集中させ記録媒体に対し記録磁界を発生させるための磁極部として、少なくとも前記Gd決め層よりも後方は、閉磁路内で磁束を効率良く流すためのヨーク部として機能している。このように前記3層をGd決め層を設けることで機能的に分離させることができ、記録特性の良好な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

#### 【0186】

さらに本発明の薄膜磁気ヘッドでは、前記Gd決め層が隆起層の後端面と接触する接触部から、前記Gd決め層の後端面までの長さ寸法は、前記Gd決め層の厚さ寸法よりも大きく形成されている。したがって、前記Gd決め層の後端面に形成された角部から前記隆起層の後端面に形成された角部までの長さ寸法を大きくすることができるため、前記両角部間に磁束が流れ難くなり、記録媒体との対向面において磁界を発生させ易く、記録効率を大きくすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明における第1の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

##### 【図2】

図1に示す薄膜磁気ヘッドの部分斜視図、

##### 【図3】

図1に示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大縦断面図、

【図4】

図1に示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大縦断面図、

【図5】

本発明における第2の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図6】

図5に示す薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【図7】

図5に示す薄膜磁気ヘッドのコイル層のコイル形状を示す部分平面図、

【図8】

本発明の図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す一工程図、

【図9】

図8に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図10】

図9に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図11】

図10に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図12】

図11に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図13】

図12に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図14】

図13に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図15】

本発明における第3の実施の形態の第1の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図16】

図15に示す薄膜磁気ヘッドの部分斜視図、

【図17】

図15に示す薄膜磁気ヘッドの部分平面図、

【図18】

図15に示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大縦断面図、

【図19】

本発明における第3の実施の形態の第2の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図20】

図19に示す薄膜磁気ヘッドの部分斜視図、

【図21】

図19に示す薄膜磁気ヘッドの部分平面図、

【図22】

図19に示す薄膜磁気ヘッドの部分拡大縦断面図、

【図23】

本発明における第4の実施の形態の第1の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図24】

本発明における第4の実施の形態の第2の例の薄膜磁気ヘッドの構造を示す縦断面図、

【図25】

従来における薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分縦断面図、

【図26】

従来における別の薄膜磁気ヘッドの部分縦断面図、

【図27】

図26に示す薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【図28】

従来におけるさらに別の薄膜磁気ヘッドの部分縦断面図、

【符号の説明】

29 下部コア層

32 隆起層

35、57 コイル層

38, 138, 238, 338, 438 Gd 決め層

39 下部磁極層

40 ギャップ層

41 上部磁極層

50 第2メッキ下地層

51 第1メッキ下地層

53 第3メッキ下地層

42 上部コア層

55 第1コイル片

56 第2コイル片

61 接続部

62 4層

65 レジスト層

138a, 238a, 338a, 438a 前端面

138b, 238b, 338b, 438b 後端面

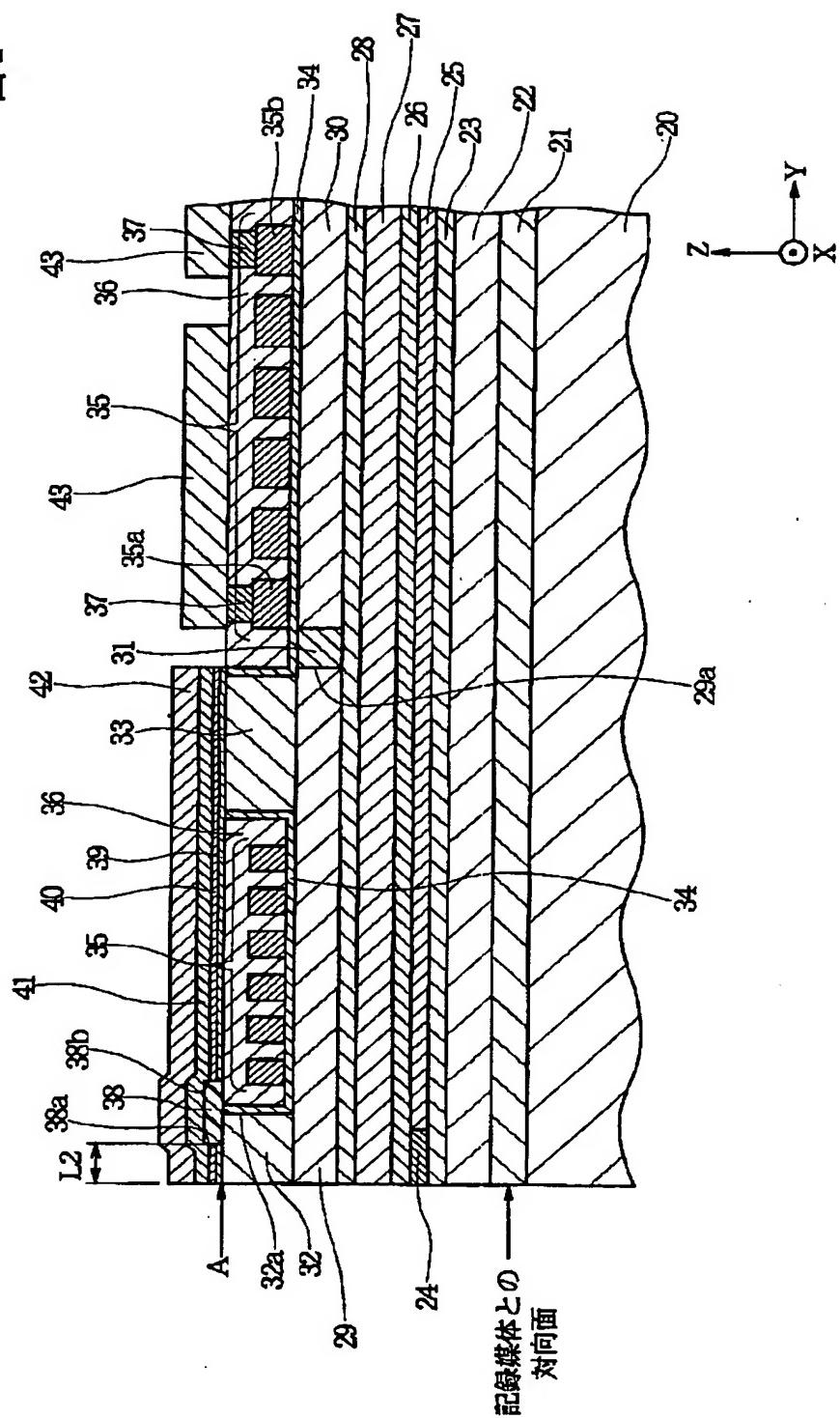
138c, 238c, 338c, 438c 接触部

【書類名】

図面

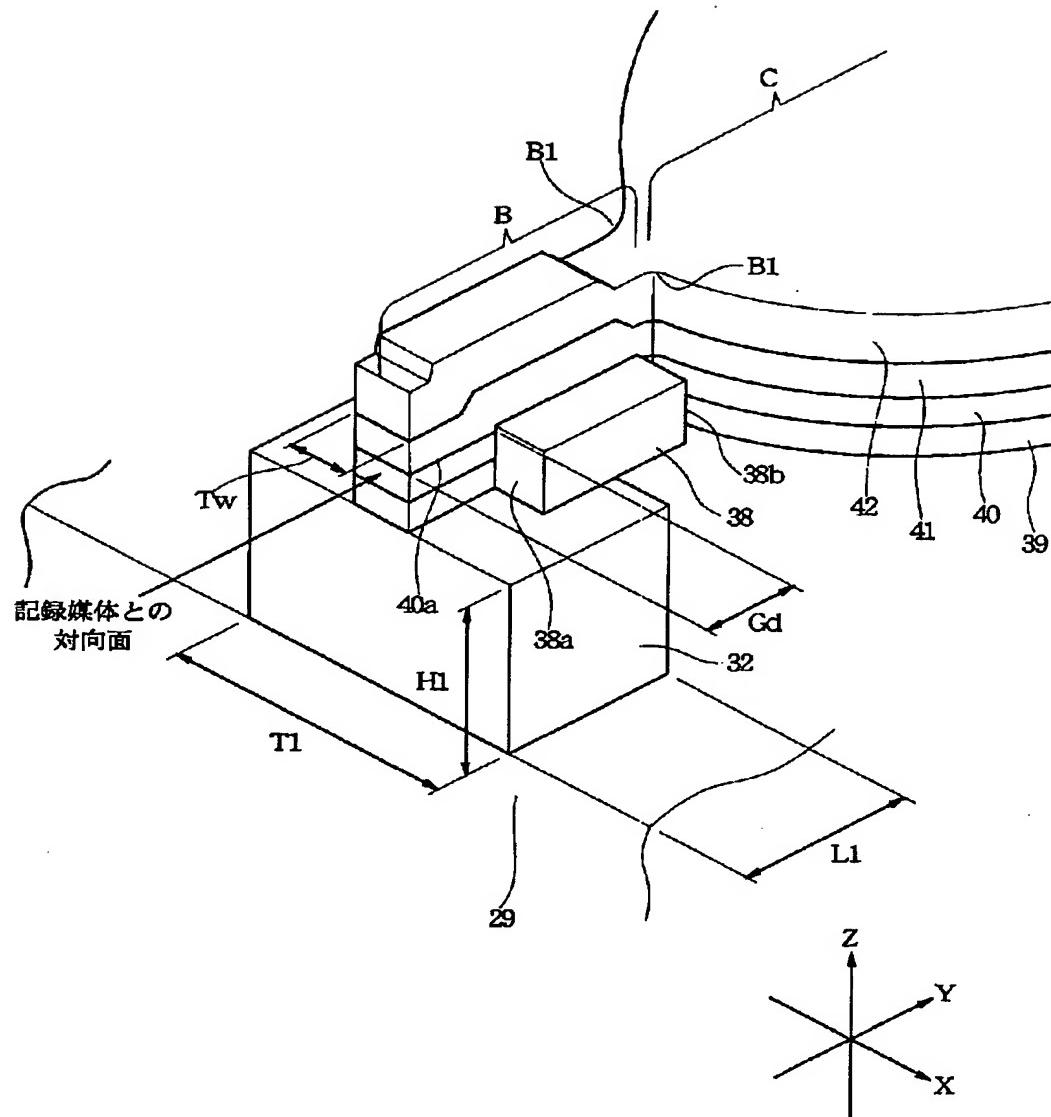
【図1】

図1

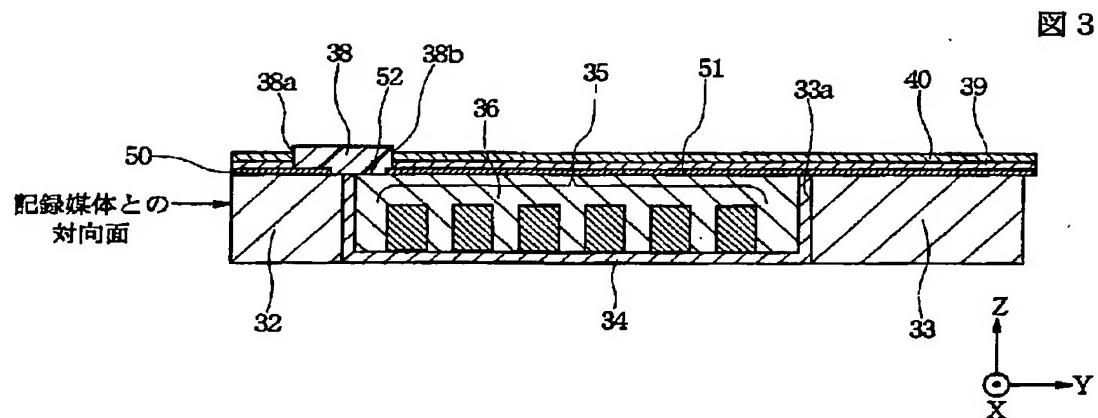


【図2】

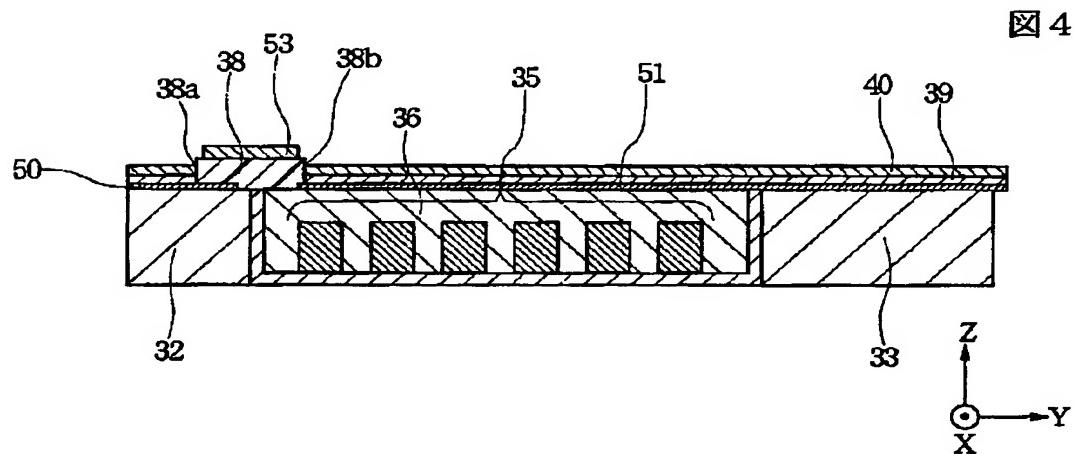
図2



【図3】

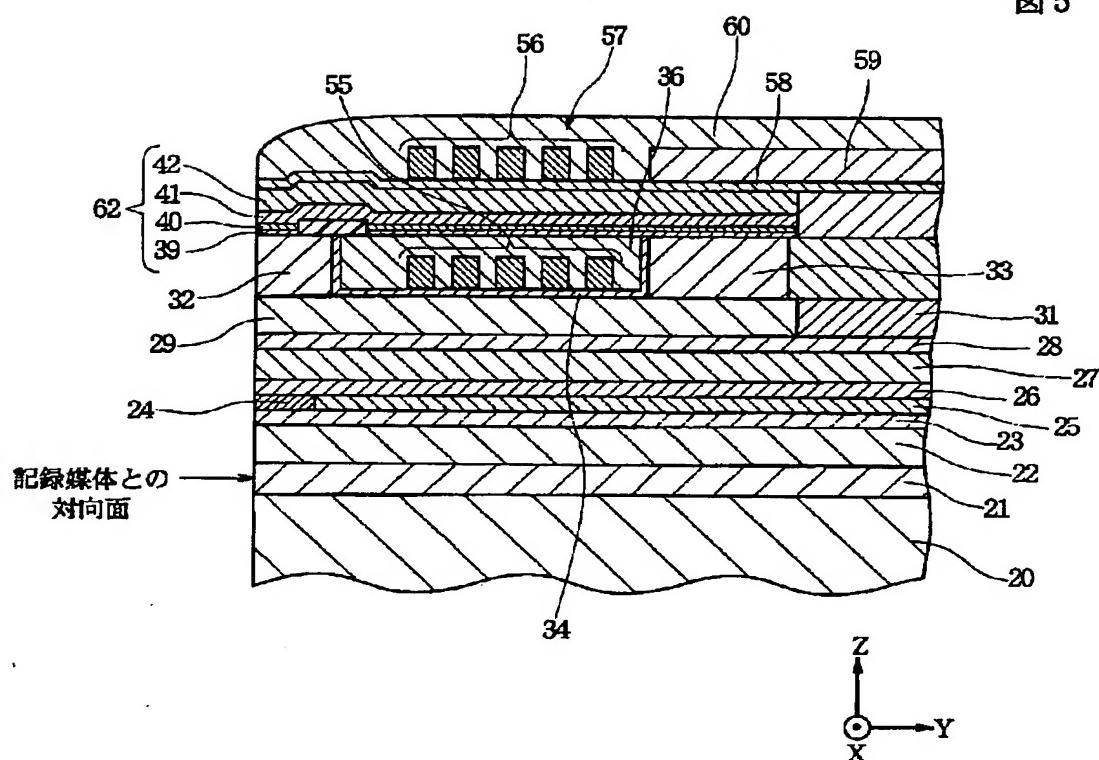


【図4】



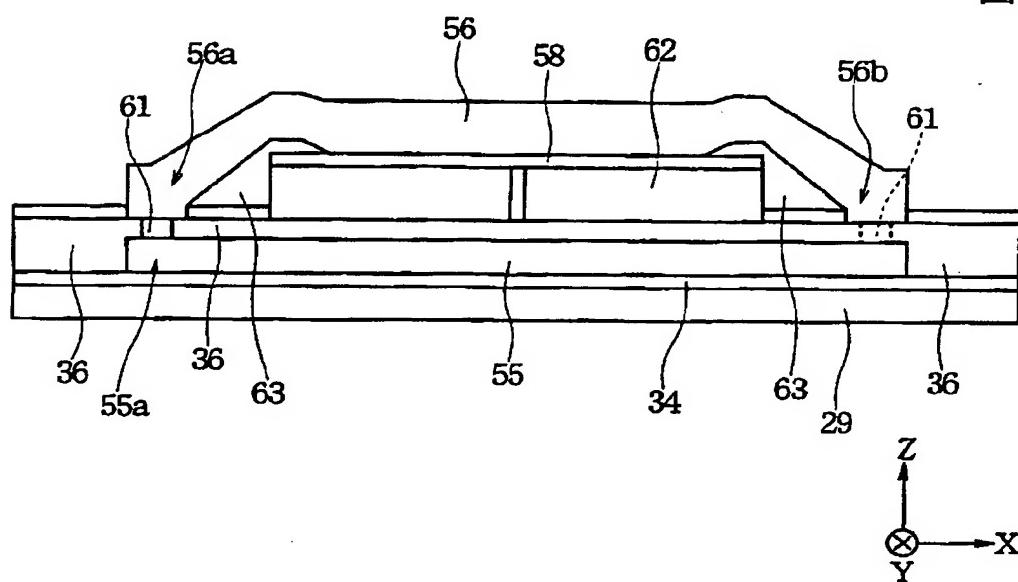
【図5】

図5

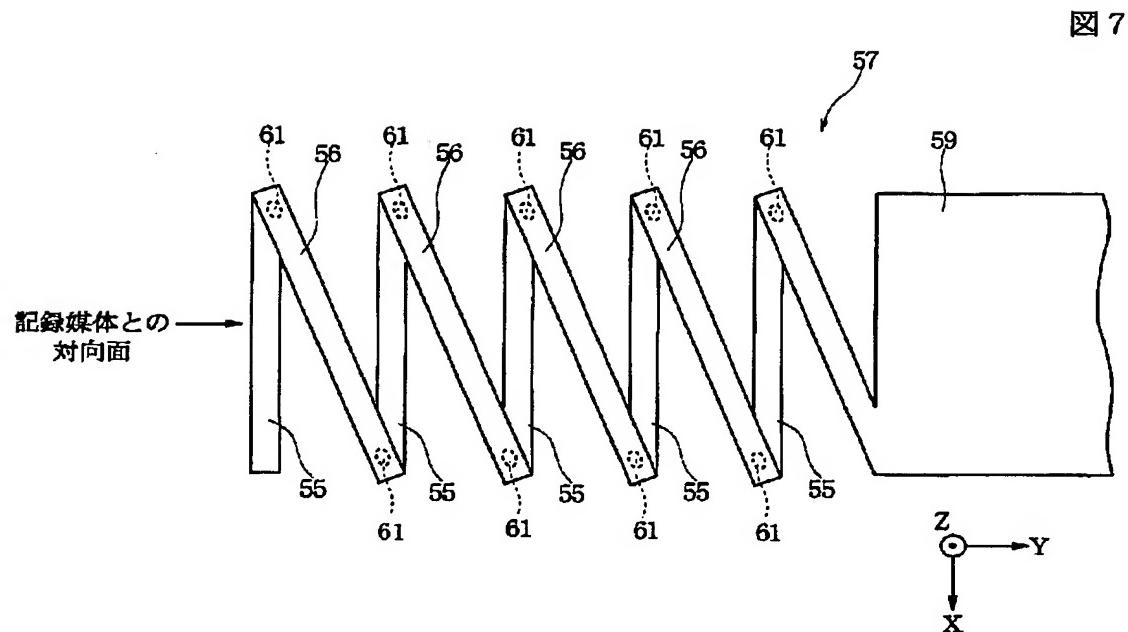


【図6】

図6

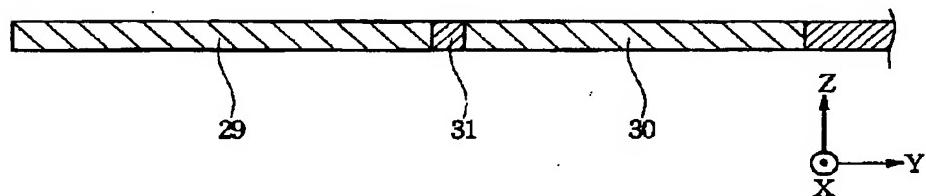


【図7】



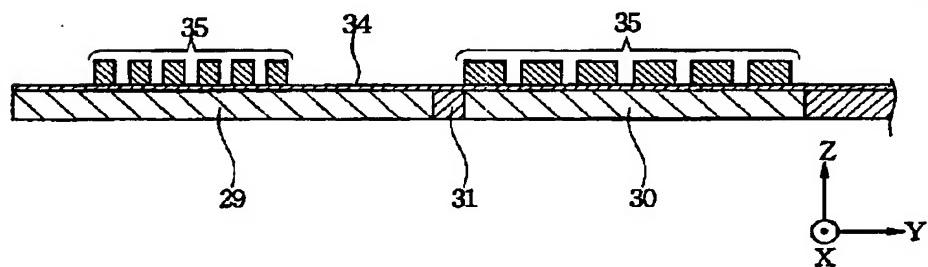
【図8】

図8

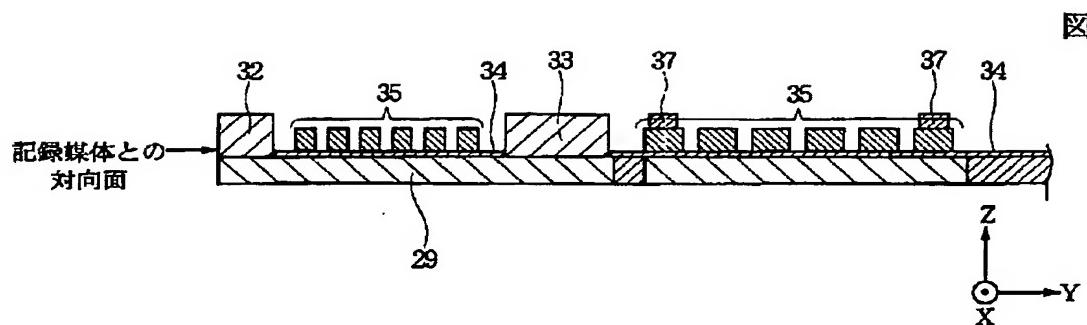


【図9】

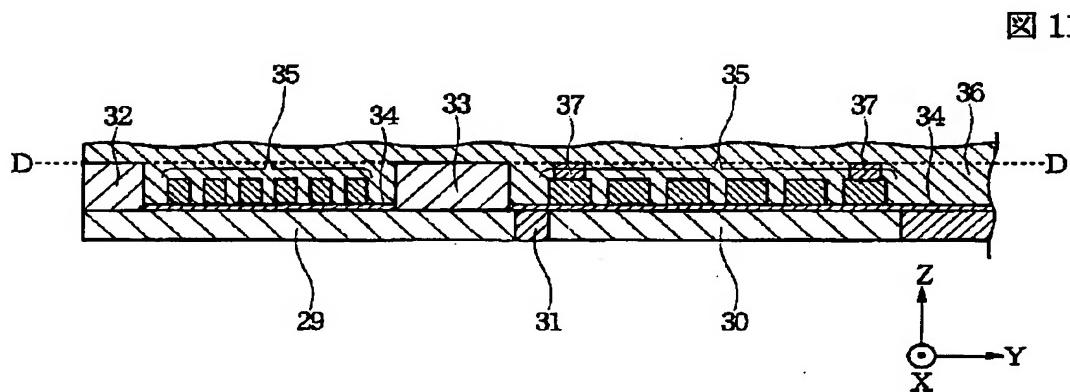
図9



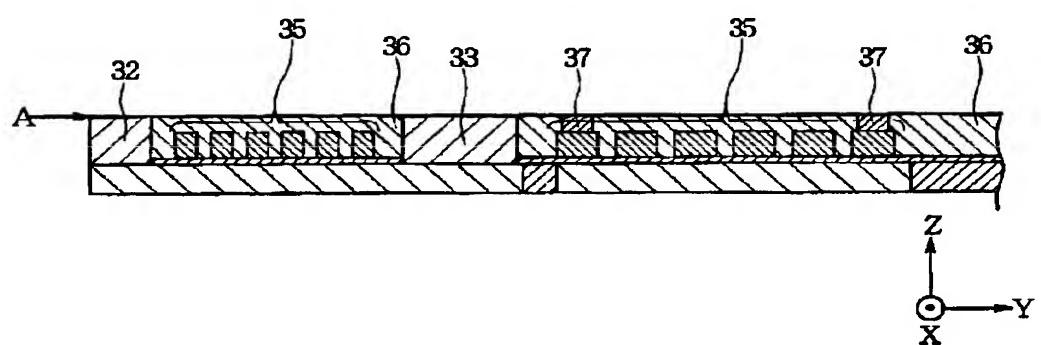
【図10】



【図11】

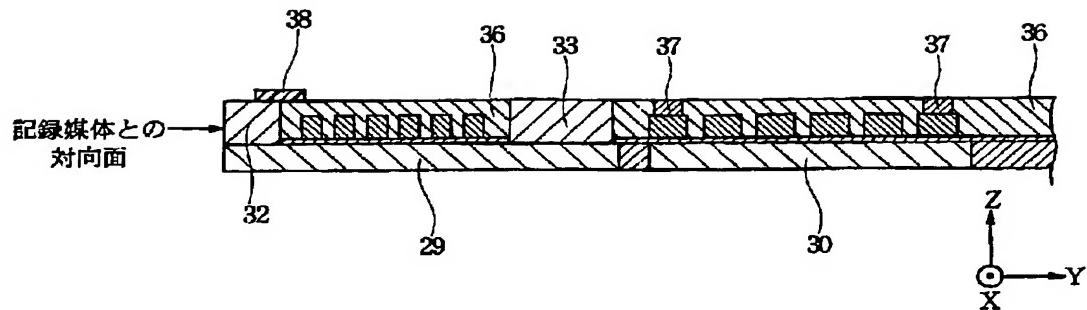


【図12】



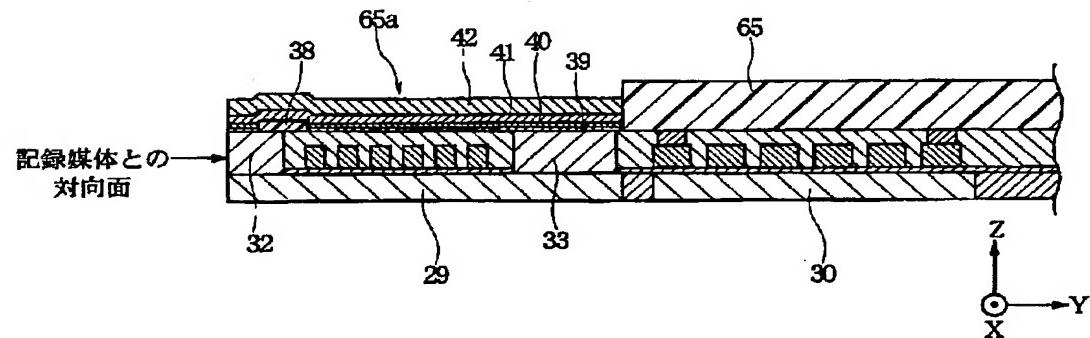
【図13】

図13



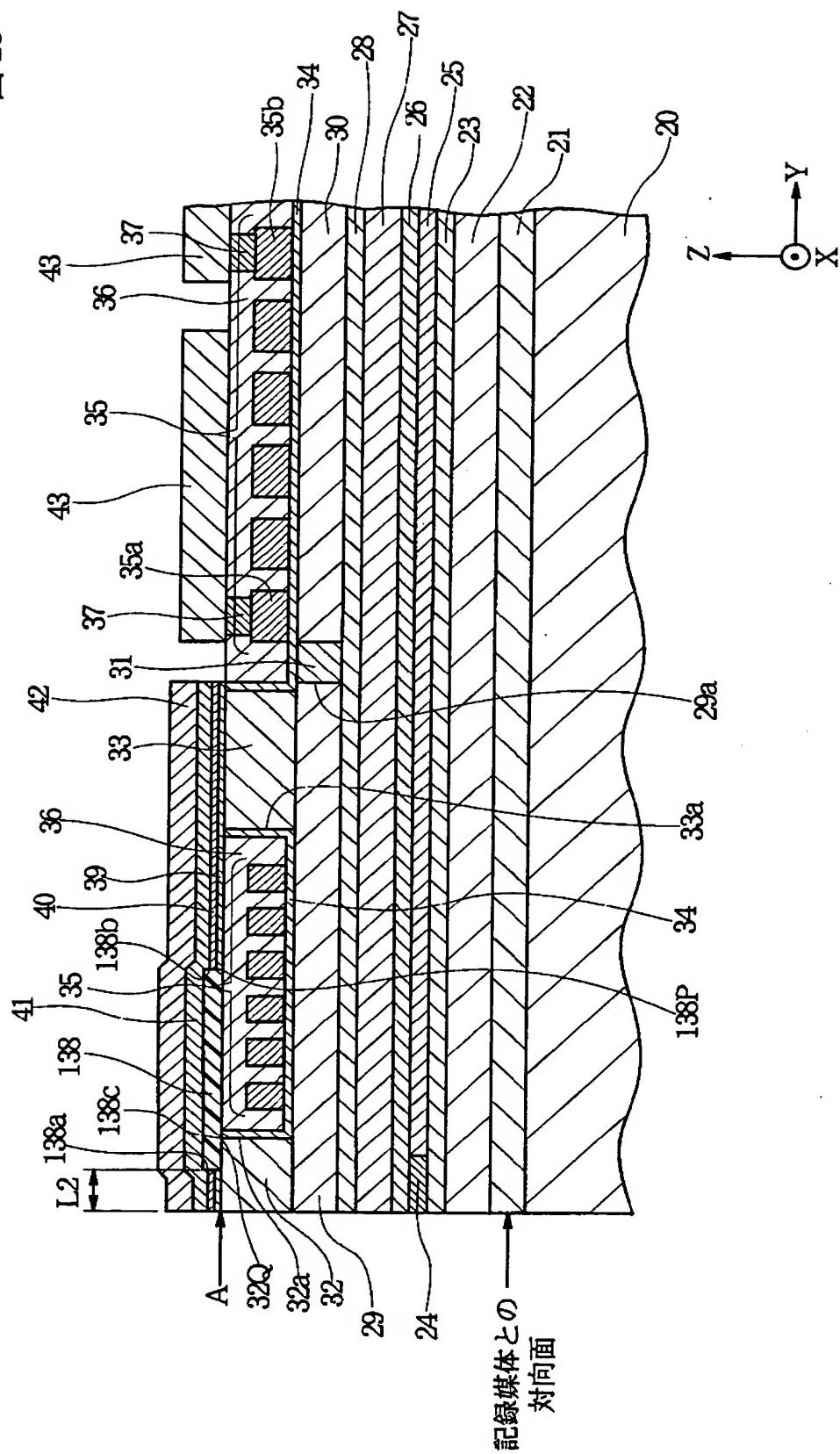
【図14】

図14



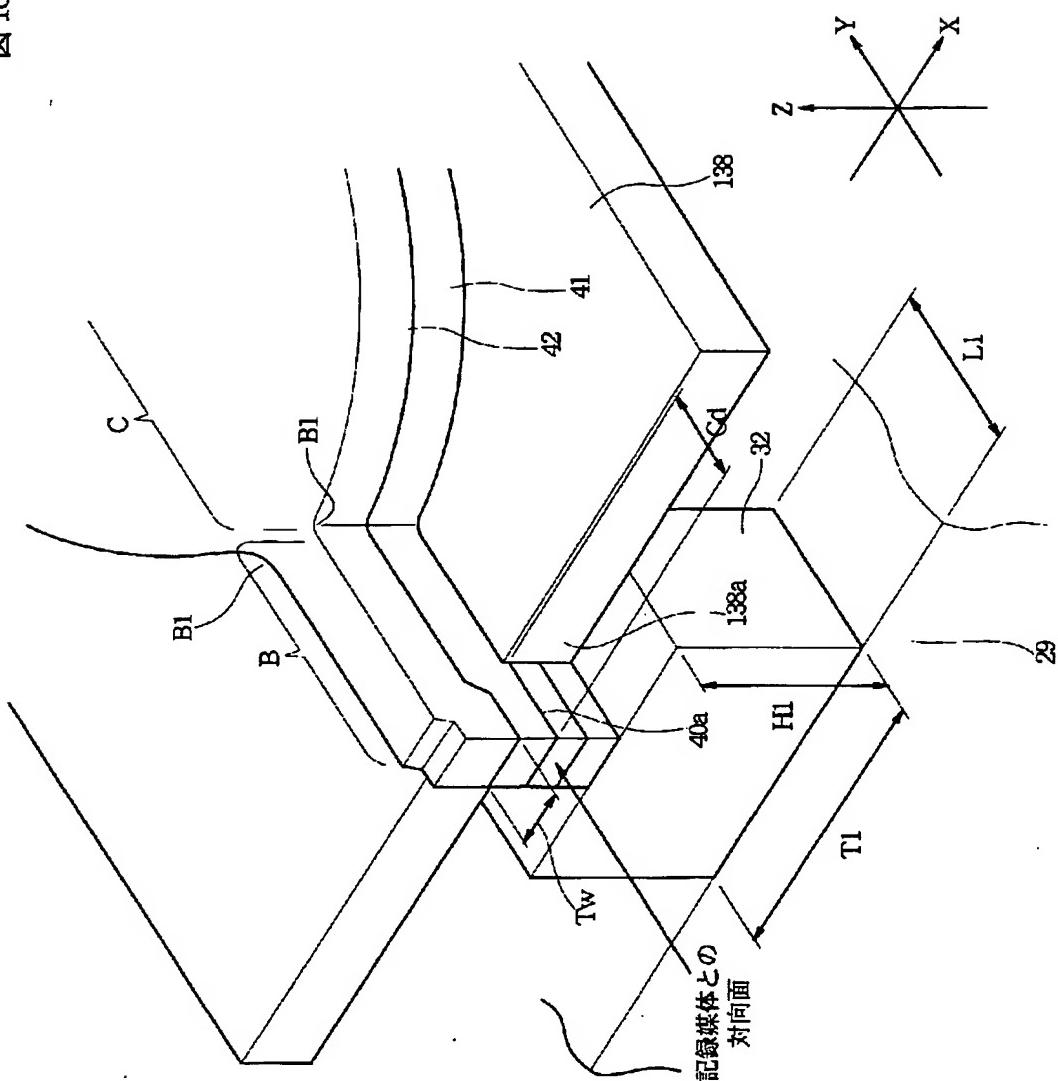
【図15】

図15



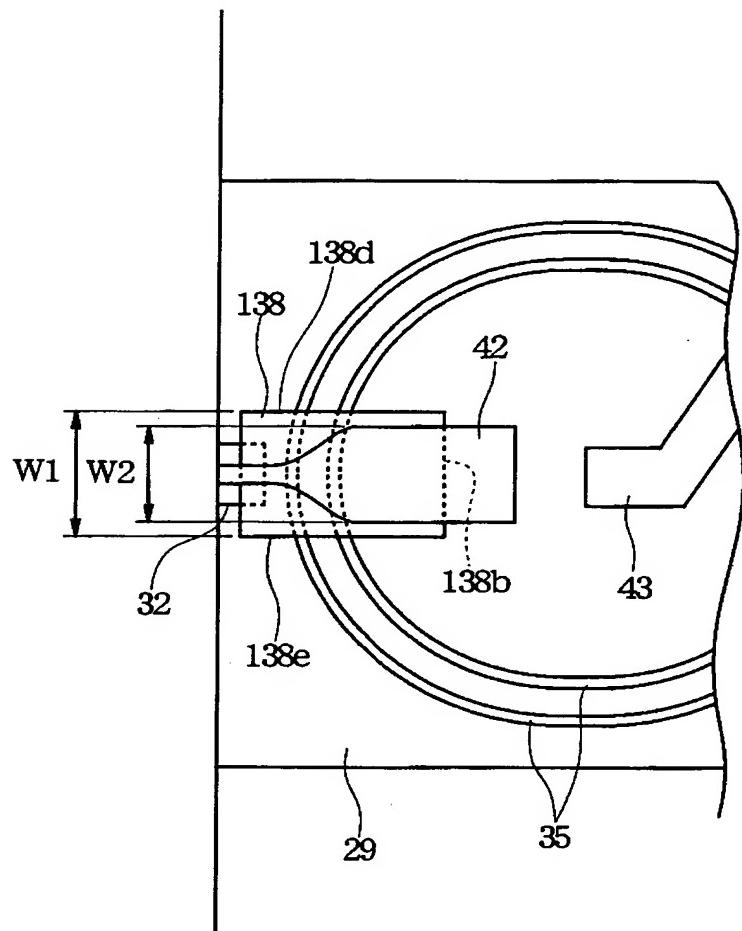
【図16】

図16



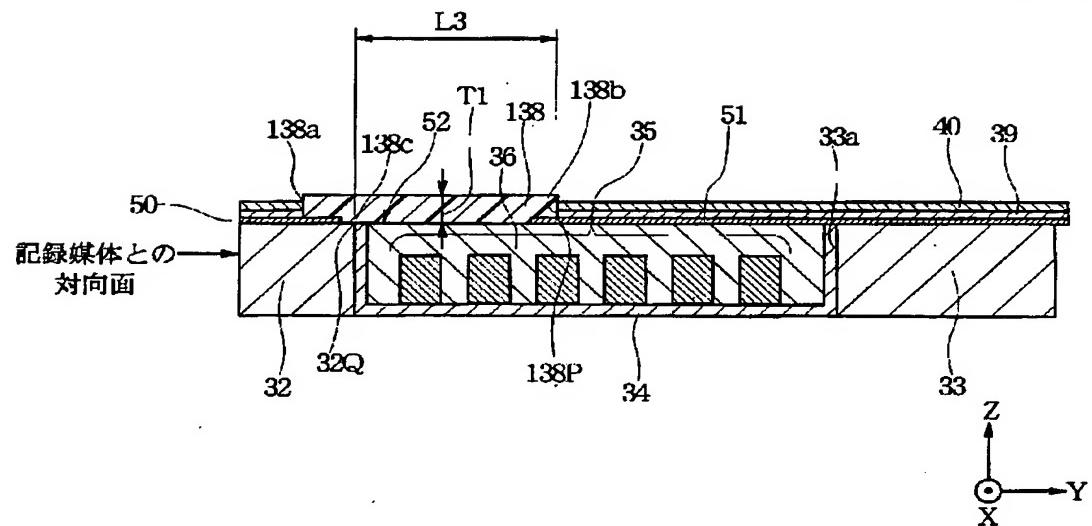
【図17】

図17



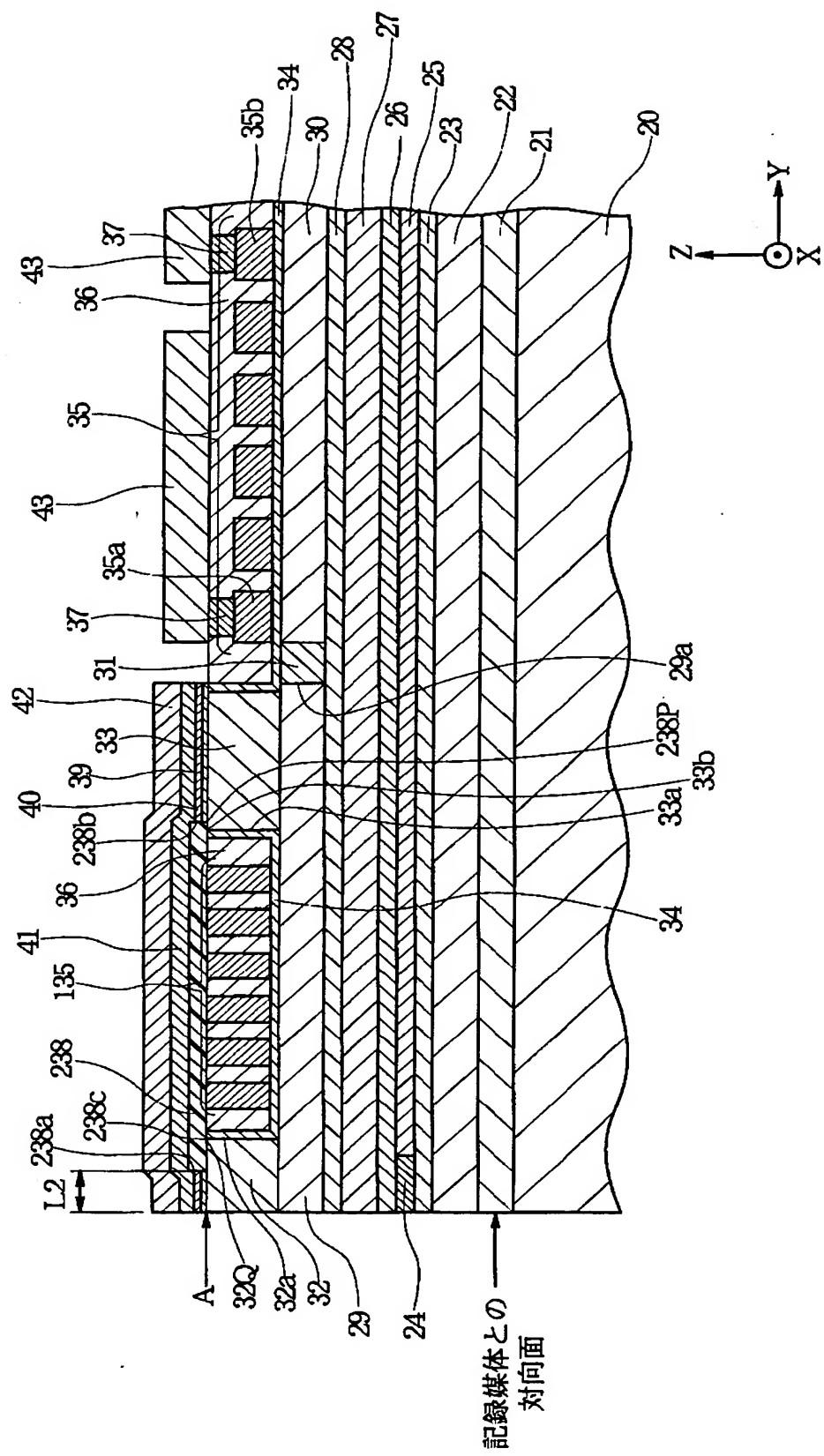
【図18】

図18



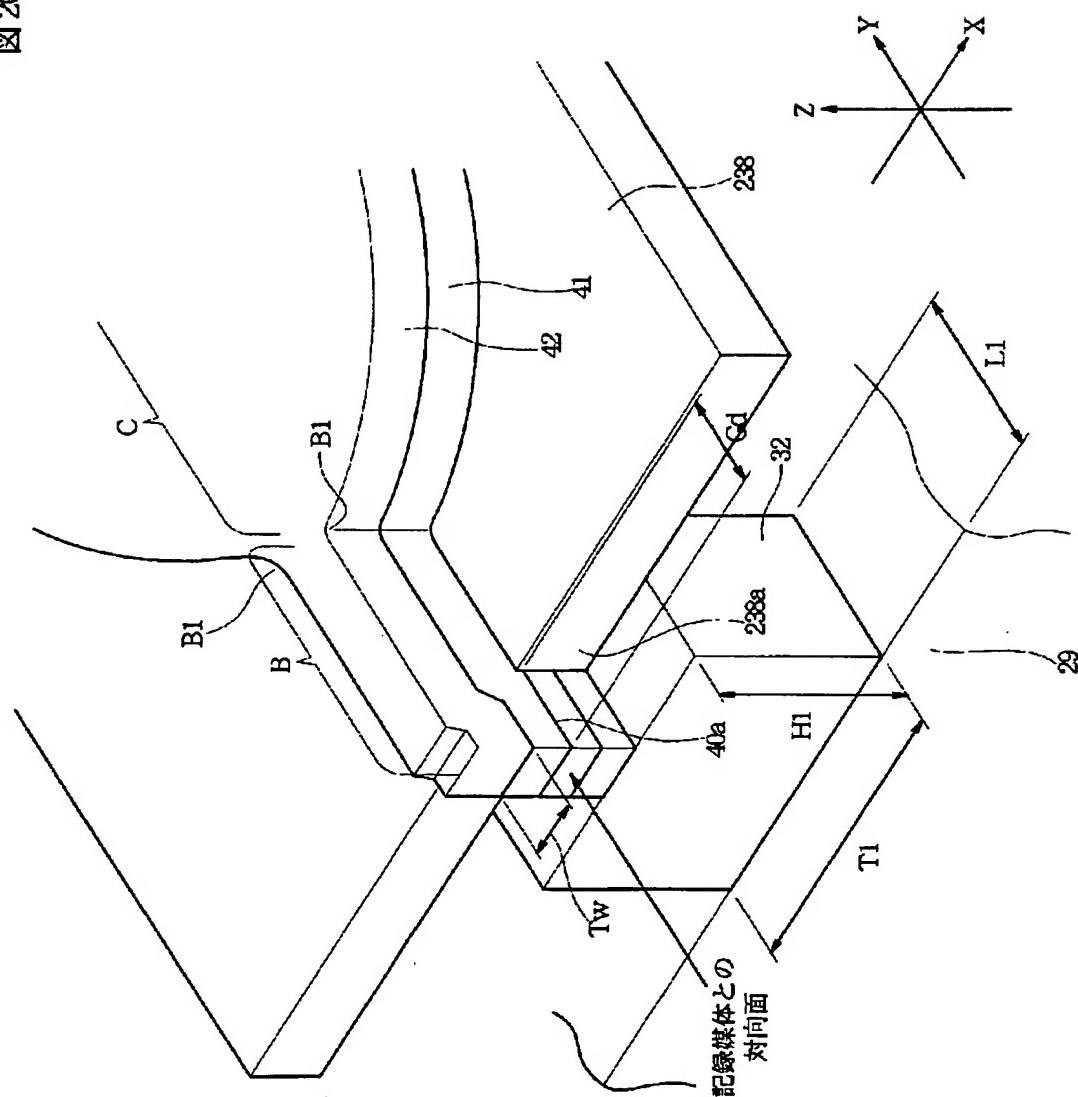
【図19】

図19



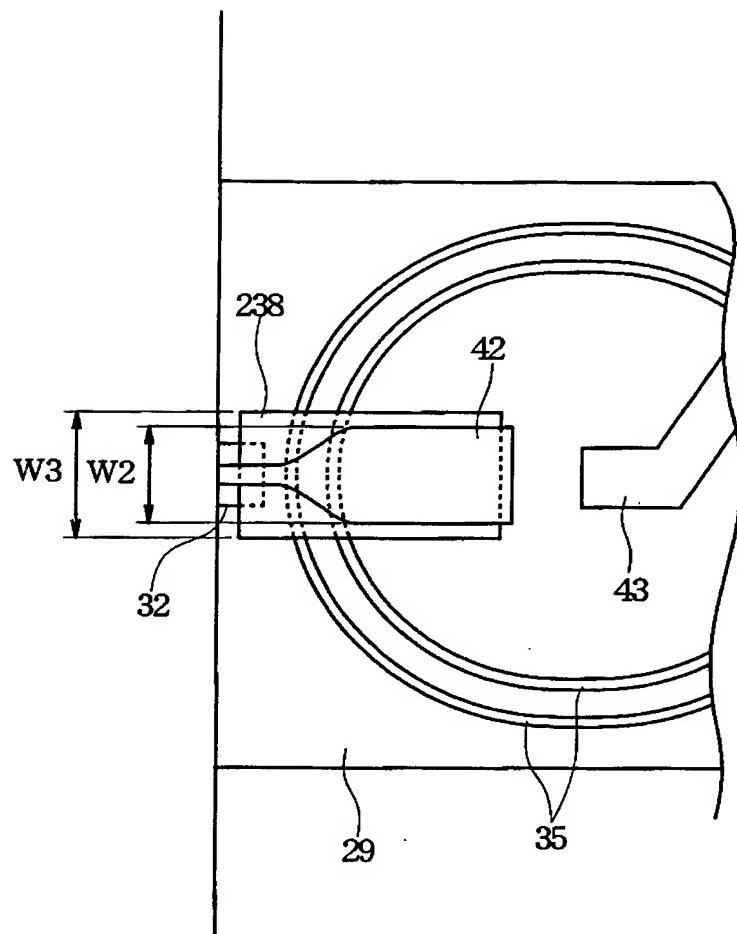
【図20】

図20



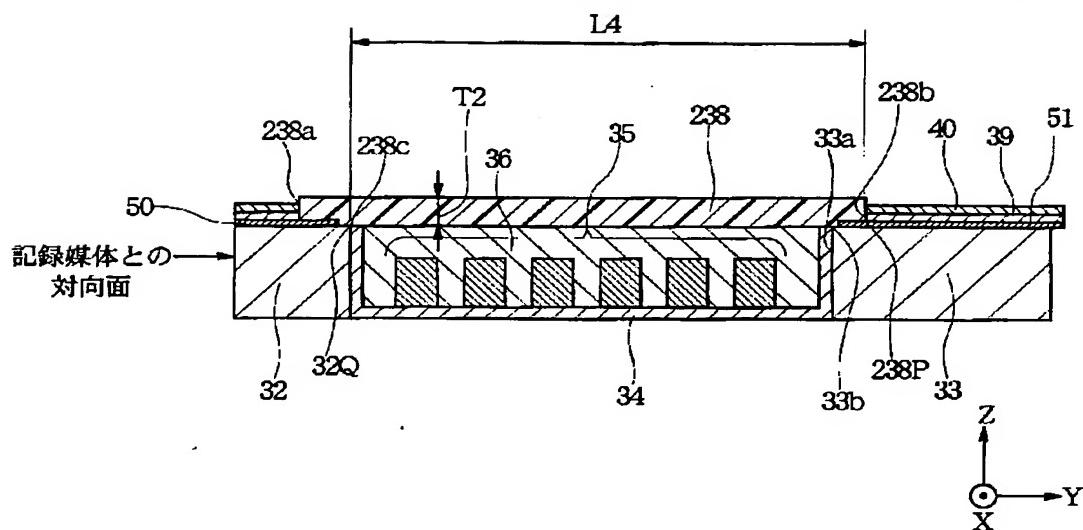
【図21】

図21



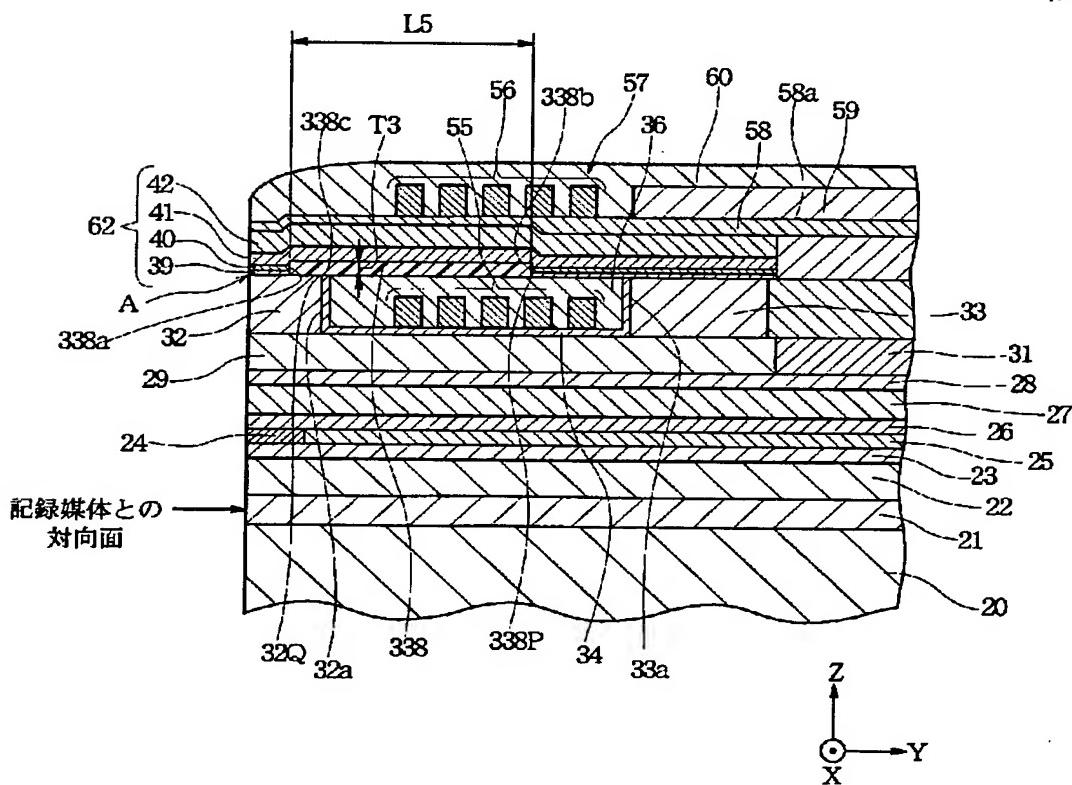
【図22】

図22



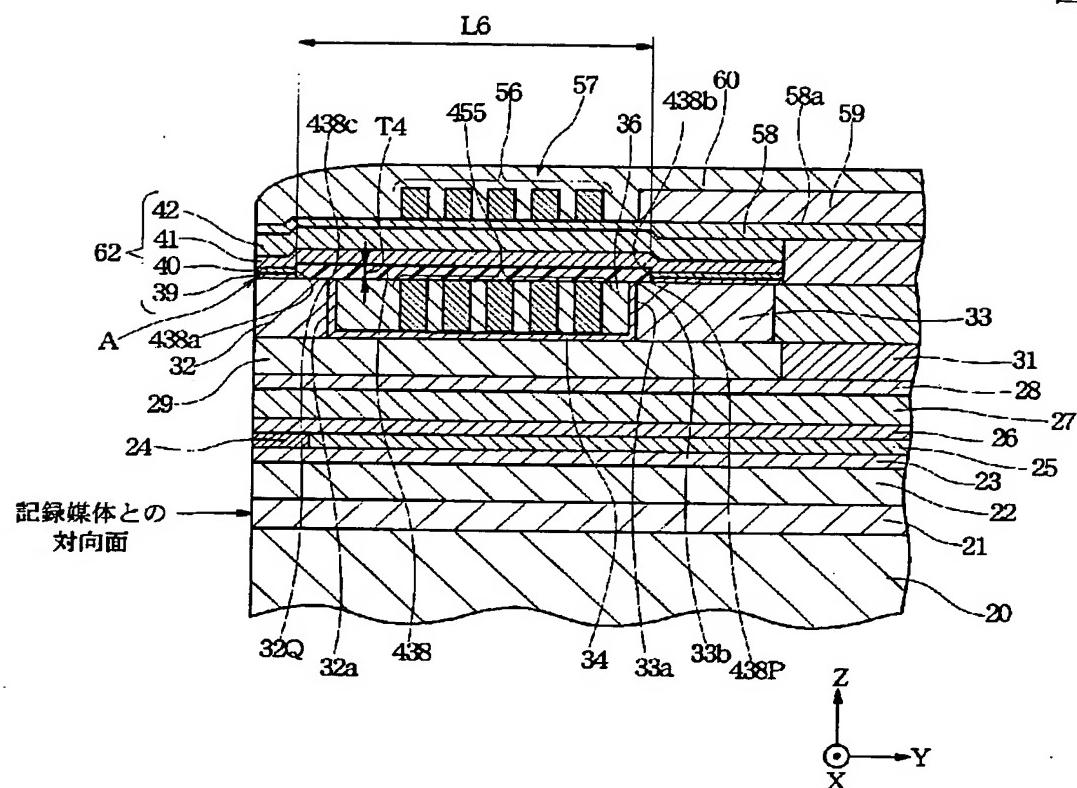
【図23】

図23



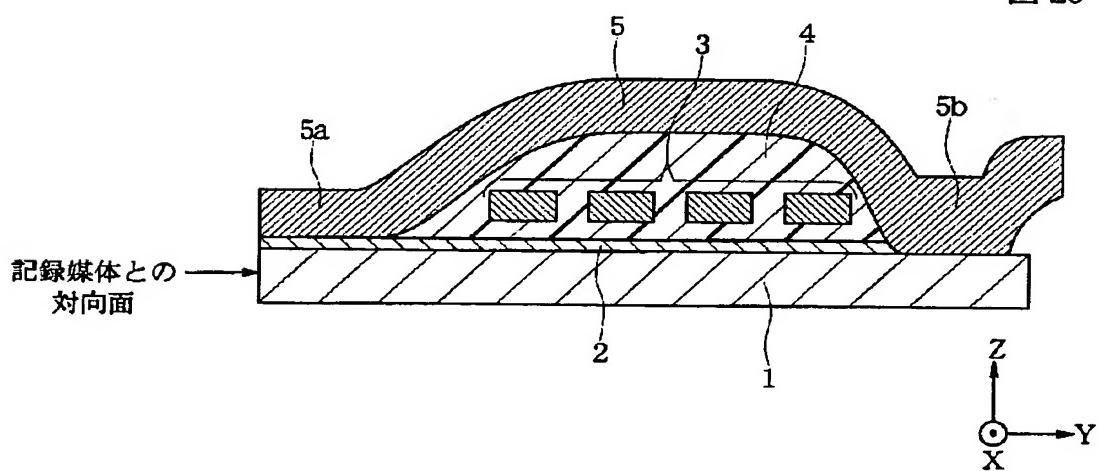
【図24】

図24



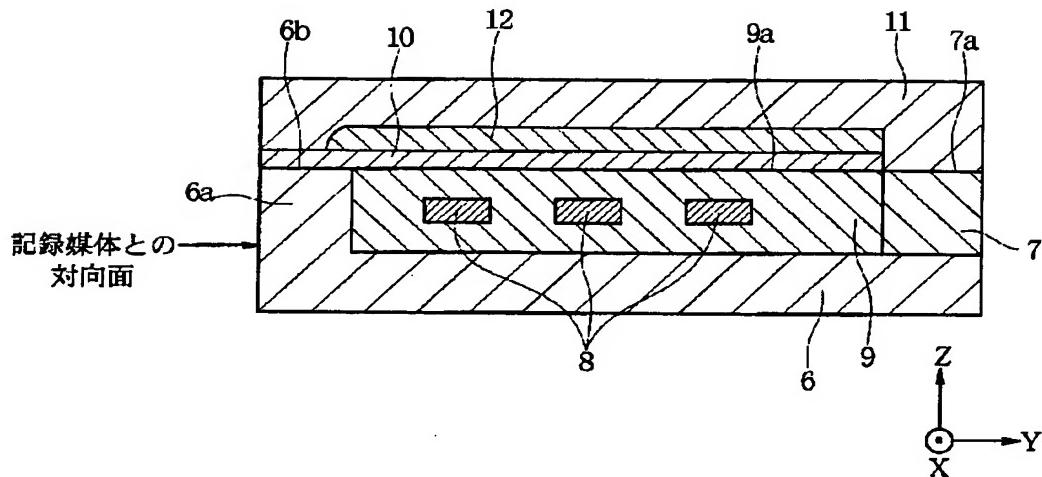
【図25】

図25



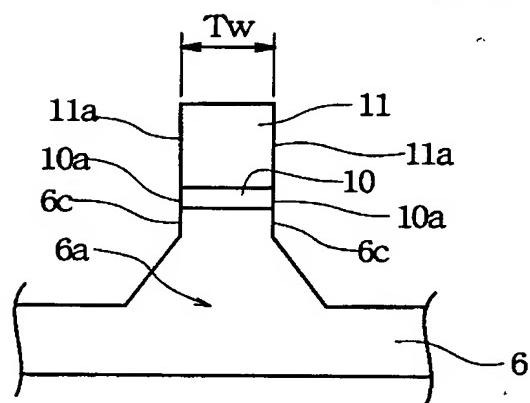
【図26】

図26



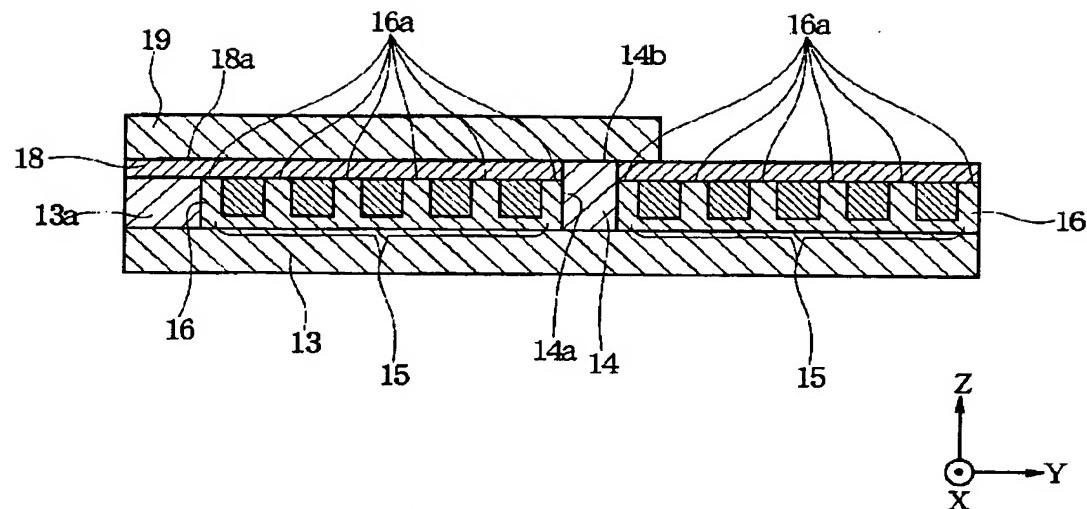
【図27】

図27



【図28】

図28



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 特にトラック幅を所定寸法に高精度に形成でき狭トラック化に適切に対応できるとともに、磁路長を短くでき記録特性を向上させることができる薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

【解決手段】 コイル層35を下部コア層29、隆起層32及びバックギャップ層33で囲まれた空間内に形成し、前記隆起層、コイル絶縁層、バックギャップ層の上面を連続した平坦化面とし、この平坦化面上に下部磁極層39、ギャップ層40、上部磁極層41及び上部コア層42を形成している。前記下部磁極層、ギャップ層、上部磁極層及び上部コア層を平坦化面上に形成できることで、この4層を所定形状に精度良く形成でき前記上部磁極層41の記録媒体との対向面における幅寸法で決定されるトラック幅Twを所定寸法で形成しやすくでき、また磁路長を短くでき記録特性を向上させることができる。

【選択図】 図3

出願人履歴情報

識別番号 [000010098]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区雪谷大塚町1番7号

氏 名 アルプス電気株式会社